

Elektrotechnik und Maschinenbau

ZEITSCHRIFT DES ÖSTERREICHISCHEN
VERBANDES FÜR ELEKTROTECHNIK

HRIFTLEITER: H. SEQUENZ UND F. SMOLA, WIEN SPRINGER-VERLAG, WIEN

Jahrgang

Wien, 15. April 1961

Heft 8, Seite 281—304



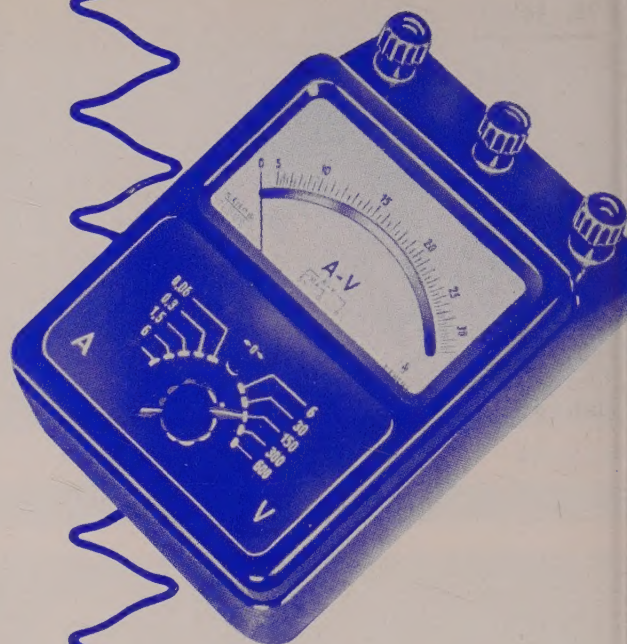
BAUER
ELEKTRO-ANTRIEBE
Gesellschaft m. b. H.,
SALZBURG

BAUER
Getriebe-Motoren

GEGEN STAUBEINWIRKUNG VOLLKOMMEN GESCHÜTZT

Zementfabriken, Gießereien, Walzwerke, Mühlen, Zuckerfabriken und viele andere staubgefährdete Betriebe können auf einen zuverlässigen Antrieb ihrer langsamlaufenden Maschinen und Apparate nicht verzichten. Sie verwenden daher BAUER-Getriebe-Motoren, die sich auf Grund ihrer Konstruktion und Präzisionsfertigung seit drei Jahrzehnten in diesen Anlagen bewährt haben.

SIEMENS
MESSTECHNIK



Effektivwertrichtig

auch bei verzerrter Kurvenform,
wie sie in der Starkstromtechnik
fast alle Wechselströme
und -spannungen aufweisen,
zeigt das

A- V_{eff} -MULTIZET

mit Dreheisenmeßwerk
(Spannbandlagerung) an.
Sein Eigenverbrauch ist gering
und seine Anzeige weitgehend
unabhängig von Fremdfeldern.
Für Gleich- und Wechselstrom
verwendbar.

SIEMENS & HALSKE
GESELLSCHAFT M.B.H.
WIENER SCHWACHSTROM WERKE

Generalvertretung der
SIEMENS & HALSKE A.G.
BERLIN — MÜNCHEN FÜR ÖSTERREICH



KORY WERBUNG-B

DIE WIRTSCHAFTLICHE RUNDSTEUERUNG PULSADIS-DANUBIA MIT 175 HERTZ

ZENTRALE STEUERUNG DER LASTVERTEILUNG •
AUSGLEICH VON BELASTUNGSSCHWANKUNGEN •
TARIFUMSCHALTUNG VON ZÄHLERN • FERN-
SCHALTUNG VON NACHTSTROMVERBRAUCHERN •
KEINE VERDROSSELUNG VON PHASENSCHIEBER-
KONDENSATOREN

DANUBIA A-G

XIX., KROTTENBACHSTRASSE 82-88 — FERNRUF 36 12 56
TELEGRAMM-ADRESSE: DANUBIAZÄHLER WIEN

Das Messen der elektrischen Festigkeit an Druckluftschaltern

Von V. HUSA und J. CIHELKA, Prag

DK 621.316.542-851.1 : 621.317.38

1) Einleitung

Das Problem der elektrischen Festigkeit nach dem Stromnulldurchgang bei einem Schalter ist Gegenstand physikalischer Überlegungen, die mit der Problematik des Schalters zusammenhängen. Es existieren grundsätzlich zwei Anschauungen über das Problem des Schaltens. Die erste von SLEPIAN nimmt ein „Wettrennen“ zwischen elektrischer Festigkeit und wiederkehrender Span-

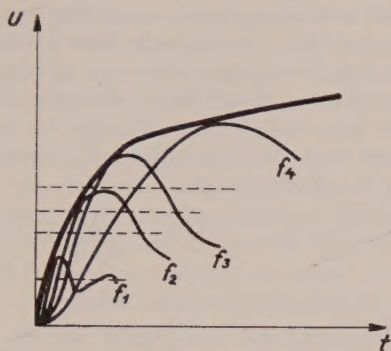


Abb. 1

nung an, wobei beide physikalischen Größen voneinander unabhängig auftreten. Die zweite Anschauung spricht die Hauptrolle der energetischen Bilanz einer nichtstationären Entladung zu. Nach dieser Theorie geht der Nachstrom kontinuierlich in einen Lichtbogenstrom über und somit wird der Begriff der elektrischen Festigkeit bestritten.

Um einen Standpunkt bezüglich dieser beiden Anschauungen finden zu können, wollen wir uns zunächst in Kürze mit einer Analyse beider Erklärungen befassen und im Falle der Berechtigung der ersten Anschauung eine Methode zum Messen des Zeitverlaufes der elektrischen Festigkeit vorschlagen. Als Kriterium zur Beurteilung beider Theorien wird die Geschwindigkeit des Spannungsabfalles bei der Wiedertzündung auftreten. Falls dieser Abfall kurzzeitig sein wird, kann von einer elektrischen Festigkeit gesprochen werden. Dabei spielen der Energieaustausch zwischen elektrischem Feld und Elektronen und die dabei entstehende Stoßionisation eine entscheidende Rolle. Falls der Abfall einen längeren Zeitverlauf hat, können wir mit einem kontinuierlichen Aufbau der Entladungsleitfähigkeit infolge Energieaustausches zwischen elektrischem Feld und Elektronen und mit einer folgenden Temperaturerhöhung rechnen. Das elektrische Feld beschleunigt in diesem Falle die durch Thermoionisation entstandenen

Elektronen. Diese Elektronen geben ihre Energie durch Anstoßen an die Atome bzw. Moleküle ab. Dabei erhöht sich die Temperatur der Entladung und damit

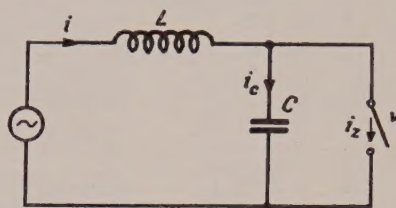


Abb. 2

wiederum die Thermoionisation. Dieser Prozeß wäre infolge der Thermoträgheit langfristig. Im weiteren wird nur die Schaltproblematik der Druckluftschalter behandelt.

Aus der Abb. 5 ist ein schneller Verlauf des Spannungsabfalls ersichtlich, so daß wir die Slepianische Theorie als richtig annehmen können.

Nach dem Stromnulldurchgang weist der Schalter eine Restleitfähigkeit, die man durch einen Widerstand darstellen kann, sowie eine gewisse elektrische Festigkeit auf. Als notwendige Bedingung für das Entstehen des Lichtbogens ist die Existenz eines Durchschlages zwischen den Kontakten gegeben. Trotzdem müssen wir uns bewußt sein, daß der Zeitverlauf der wiederkehrenden Spannung hauptsächlich eine Funktion der Netzverhältnisse und in geringem Maß eine Funktion der Restleitfähigkeit ist. Die elektrische Festigkeit ist hauptsächlich eine Funktion der Luftdynamik und der Kontaktform und gewissermaßen auch der Restleitfähigkeit.

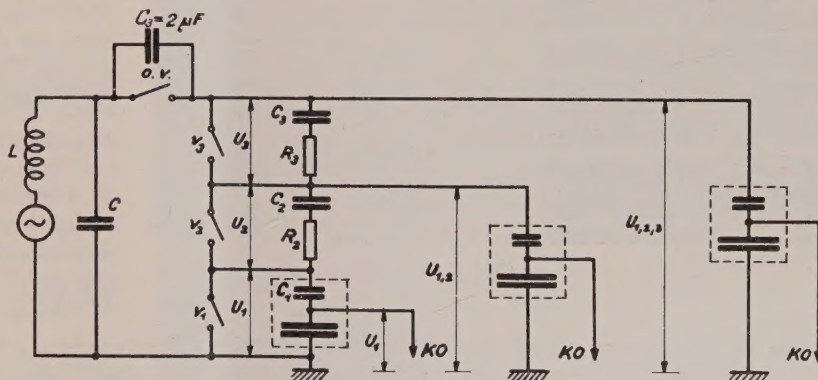


Abb. 3. Das Schaltplan-Schema der Methode zum Messen des Zeitverlaufes der elektrischen Festigkeit an den Druckluftschaltern

v_1, v_2, v_3 Löschstellen

Obwohl die wiederkehrende Spannung und die elektrische Festigkeit einen gemeinsamen Faktor — die Restleitfähigkeit — haben, ist ihre gegenseitige Abhängigkeit sehr schwach. Deshalb sind wir berechtigt, beide Erscheinungen getrennt zu erwägen.

2) Das Messen des Zeitverlaufes der elektrischen Festigkeit

Die eigentliche Messung des Zeitverlaufes der elektrischen Festigkeit wurde bisher nur beim Leerlauf eines Schalters durchgeführt [1]. Beim Abschalten eines

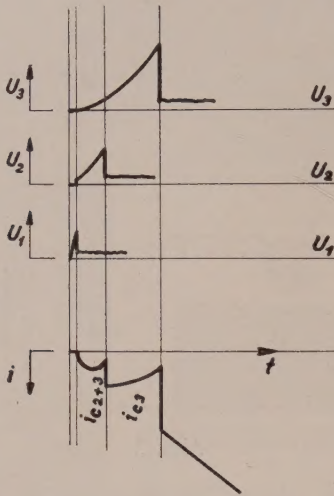


Abb. 4. Der Zeitverlauf der partiellen wiederkehrenden Spannungen und der Kapazitätsströme

Kurzschlußstromes wurde bisher noch keine diesbezügliche Untersuchung gemacht. Dieser Zeitverlauf wurde jedoch indirekt abgeleitet [2], und zwar aus den Lagen der Wiederzündungen bei Kurzschlußprüfungen, wo verschiedene Eigenfrequenzen und Amplituden der wiederkehrenden Spannung verwendet wurden (Abb. 1). Das Ziel der Arbeit [2] war die Feststellung der Grund-

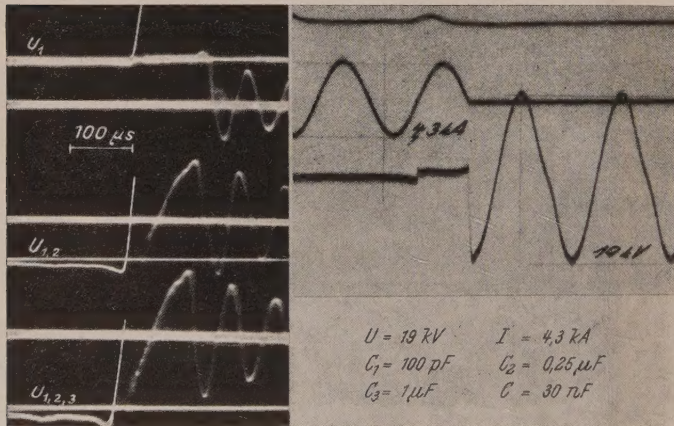


Abb. 5

lagen für die sogenannte Vierparametermethode für die Normalisierung des unregelmäßigen Zeitverlaufes der wiederkehrenden Spannung, also unter Voraussetzung der zuerst genannten Wettrenntheorie über die elektrische Festigkeit.

2.1) Die Methode des direkten Messens der elektrischen Festigkeit nach dem Stromnulldurchgang

Bei der Messung der elektrischen Festigkeit nach dem Stromnulldurchgang in einem Schalter zeigen sich folgende Schwierigkeiten:

Falls das Abschalten des Prüflings, z. B. mittels eines Synchroschalters gelingt, bleibt im Prüfling eine Restleitfähigkeit, deren Größe eine Stoßspannungsquelle von einem geringen Innenwiderstand verlangt. Dies hat aber zur Folge, daß die Energie des ersten Stoßes die nächstfolgende Durchschlagsfestigkeit beeinflusst (das Messen wird ungenau) und schließlich, daß die Abmessungen des Stoßspannungsgenerators zu groß ausfallen werden.

Die von uns vorgelegte Methode geht davon aus, daß man die Entladung nach einem Durchschlag in der Löschkammer keinesfalls unterbrechen kann, da unmittelbar nach dem Durchschlag ein bereits vor dem Durchschlag durch die Induktivität und parallele Kapazität fließender Strom und ein Nachstrom zur Verfügung stehen (Abb. 2). Bei einer direkt geprüften Löschstelle können wir nur einen Punkt der Durchschlagsfestigkeitskurve feststellen. Seine Lage ist durch die Größe des abgeschalteten Stromes und durch die Steilheit der wiederkehrenden Spannung gegeben.

Wählen wir das Schema nach Abb. 3 mit drei normalerweise zur Verfügung stehenden Löschstellen (ein dreipoliger Schalter), fließt durch sämtliche Löschstellen der gleiche Kurzschlußstrom. Parallel zu den Löschstellen fügen wir die Kapazitäten C_1, C_2, C_3 zu, und zwar unter den Bedingungen

$$\frac{C_3}{C_2} \gg 1, \quad \frac{C_2}{C} \gg 1, \quad \frac{C}{C_1} \gg 1,$$

z. B.

$$C_3 : C_2 : C = 100 : 10 : 1.$$

Diese Bedingungen sind notwendig, um die Löschstellen nacheinander praktisch mit der gesamten Spannung zu belasten. In unserem Falle hatten wir $C_1 = 100 \text{ pF}$, $C_2 = 0,25 \text{ µF}$, $C_3 = 2 \text{ µF}$, $C = 30 \text{ nF}$.

Da im Zeitintervall nach erfolgtem Stromnulldurchgang ein Nachstrom durch den Schalter fließt, kommt es zu keiner Spannungsverteilung im Verhältnisse der Kapazitäten. Es ist also nötig, den Kapazitäten in Reihe geschaltete Widerstände hinzuzufügen, die wesentlich kleiner als der Restwiderstand sind. In unserem Falle war $R_2 = 25 \text{ Ω}$ und $R_3 = 12,5 \text{ Ω}$. Nach dem Stromnulldurchgang verteilt sich die wiederkehrende Spannung an den Löschstellen im indirekten Verhältnis der Kapazitäten, und zwar so, daß die praktisch volle wiederkehrende Spannung mit einer

Frequenz $f_1 \left(\sim \frac{1}{\sqrt{C}} \right)$ zunächst an der Löschstelle

v_1 erscheint. Nach dem Durchschlag der Löschstelle v_1 fließt ein Kapazitätsstrom durch die Kapazitäten C_2 und C_3 und die volle Spannung

mit einer Frequenz $f_2 \left(\sim \frac{1}{\sqrt{C_2}} \right)$ erscheint an der

Löschstelle v_2 . Nach dem Durchschlag der Löschstelle v_2 fließt ein Kapazitätsstrom durch die Kapazität C_3 und die praktisch volle Spannung mit einer Fre-

quenz $f_3 \left(\sim \frac{1}{\sqrt{C_3}} \right)$ erscheint an der Löschstelle v_3 . Nach

dem Durchschlag der Löschstelle v_3 wird der Stromkreis durch den Schutzschalter o. v. mit einer parallelen, ein Abschalten ermöglichenden Kapazität, abgeschaltet.

Durch die beschriebene Methode können wir bei einem Kurzschlußversuch drei Werte der Durchschlags-

festigkeit erhalten. Der Durchschlag der Löschstelle v_2 muß noch vor dem Nulldurchgang des die Löschstelle v_1 und die Kapazitäten C_2 und C_3 durchfließenden Kapazitätsstromes vor sich gehen. Diese Bedingung ist automatisch erfüllt, da der Durchschlag der Löschstelle v_2 vor dem Maximum der Spannung, d. i. vor dem Kapazitätsstromnulldurchgang entsteht. Analog gilt das gleiche für die Löschstelle v_3 . Der schematische Zeitverlauf der partiellen wiederkehrenden Spannungen und der Kapazitätsströme ist in Abb. 4 angeführt. Die Spannung U_2 weist bei dem Durchschlag der Löschstelle v_1 einen Sprung auf, der durch die Entladung der Kapazität C_1 in die Kapazitäten C_2 und C_3 entsteht.

Es geschieht zuweilen, daß die Durchschlagsfestigkeit der dritten Löschstelle so anwächst, daß es zu keinem Durchschlag kommt. Trotzdem gibt der Zeitverlauf der wiederkehrenden Spannung die minimale Grenze der elektrischen Festigkeit an. Die Löschstellen werden also mit Kurzschlußstrom bei verschiedenen, nacheinander folgenden Eigenfrequenzen geprüft. Wie aus dem Schema (Abb. 3) hervorgeht, wird die Spannung U_1 an v_1 , $U_{1,2}$ an $v_1 + v_2$ und $U_{1,2,3}$ an $v_1 + v_2 + v_3$ mit Hilfe der kapazitiven Spannungsteiler (≈ 100 pF) gemessen. Die Spannung $U_{1,2,3}$ gibt den Zeitverlauf der Spannungen an den einzelnen Löschstellen an, da die Spannung der betreffenden Löschstelle nach dem Durchschlag auf eine Größenordnung von einigen hundert Volt absinkt, was praktisch vernachlässigt werden kann. Andere Punkte der Durchschlagskurve können durch Veränderung der Kapazitäten C_1 , C_2 , C_3 , C unter Beibehaltung ihres gegenseitigen Größenverhältnisses ermittelt werden. Die partiellen wiederkehrenden Spannungen haben dann andere Steilheiten und infolgedessen erscheint der Durchschlag in einem anderen Zeitpunkt. Auf diese Weise können wir von zwei Kurzschlußversuchen 4...6 Punkte der Spannungsfestigkeitskurve gewinnen.

2,2) Die Genauigkeit des Messens mit Hilfe der Spannung $U_{1,2,3}$

Bei Messen der Spannung U_1 auf v_1 mit Hilfe der Spannung $U_{1,2,3}$ ist der Fehler vernachlässigbar. Dies wird dadurch verursacht, daß die Kapazität C_1 in unserem Falle sehr klein ist und die gesamte Spannung praktisch auf C_1 konzentriert wird. Beim Messen der Spannung U_2 mit Hilfe der Spannung $U_{1,2,3}$ nach dem Durchschlag der Löschstelle v_1 ist $U_{1,2,3}$ größer als U_2 , und zwar um die Lichtbogenspannung an der Löschstelle v_1 und um die Spannung an der Kapazität C_3 ($\approx \frac{1}{10} U_2$). Bei niedrigeren Werten der Spannung U_2 ist es nötig, die Lichtbogenspannung auf der Löschstelle v_1 in Betracht zu ziehen, bei höheren Werten ist sie vernachlässigbar. Man muß also den gemessenen Wert $U_{1,2,3}$ um die Spannung auf der Kapazität C_3 verkleinern. Beim Messen der Spannung U_3 wird der Fehler nur durch die Größen der Lichtbogenspannungen auf den Löschstellen v_1 und v_3 verursacht und da U_3 hoch ist, ist dieser Fehler praktisch vernachlässigbar.

2,3) Das eigentliche Messen

Das Messen wurde an einem Druckluftschalter 200 MVA bei 20 kV und 11 atü durchgeführt. Die Kurzschlußleistung wurde einem Transformator mit einer Wicklungskapazität von 30 nF (\equiv Kapazität C) entnommen. Die Kurzschlußprüfungen wurden mit ver-

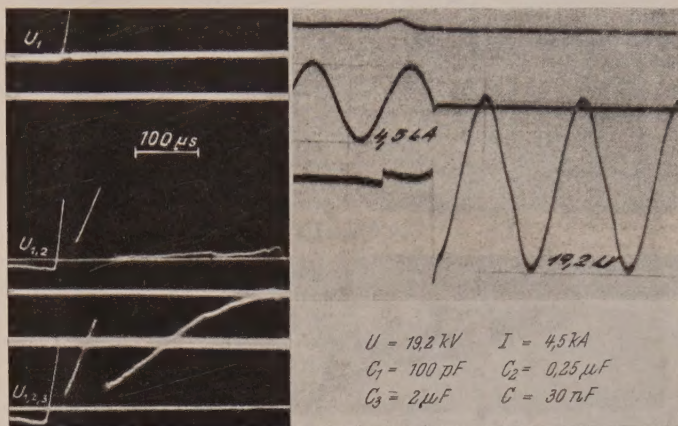


Abb. 6

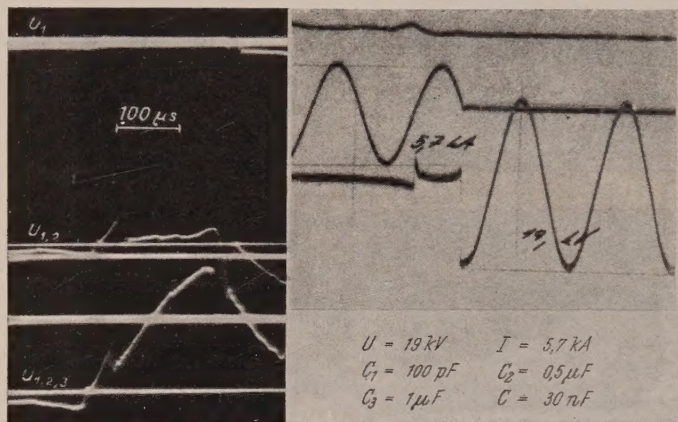


Abb. 7

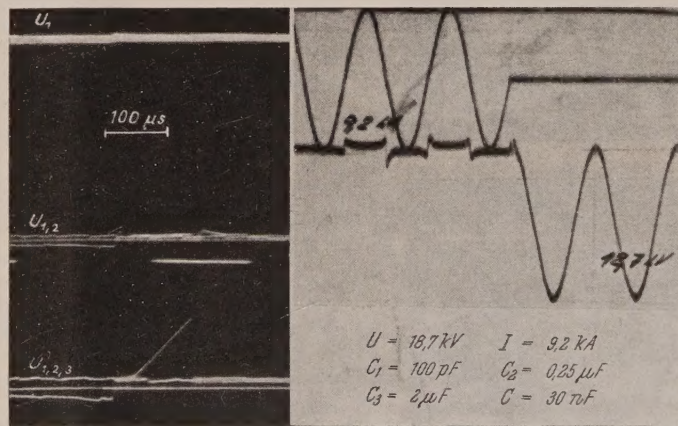


Abb. 8

schiedenen Schaltströmen durchgeführt. Die Schleifen- und Kathodenstrahloszillogramme sind in Abb. 5...8 angegeben.

Die Lichtbogenbrenndauer wurde auf 0,01 s gehalten. Aus dem Kathodenstrahloszillogrammen ist nach

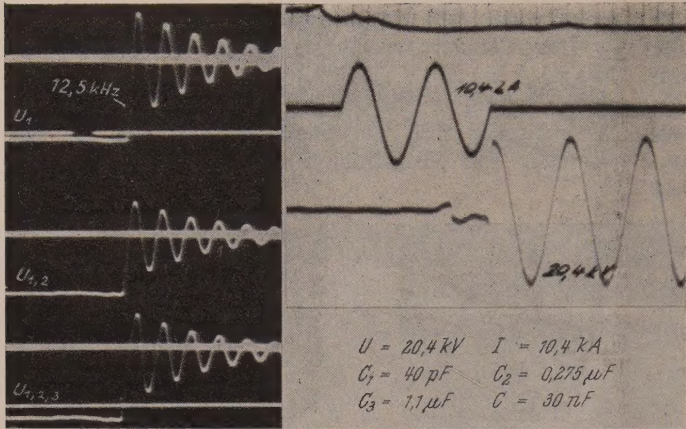


Abb. 10

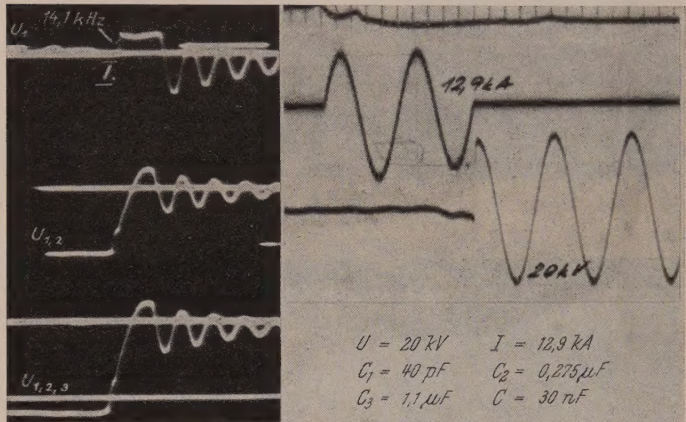


Abb. 11

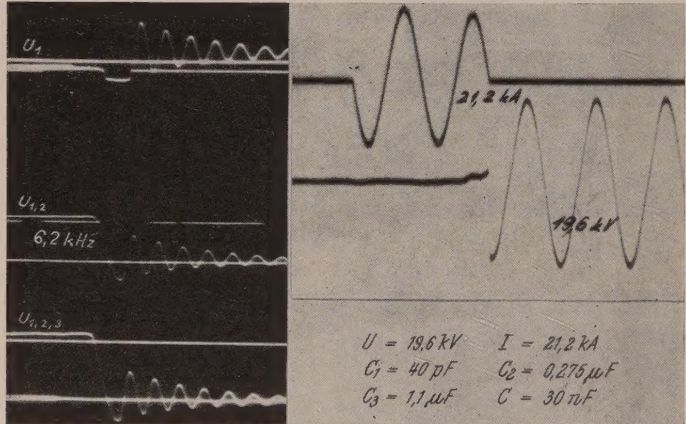


Abb. 12

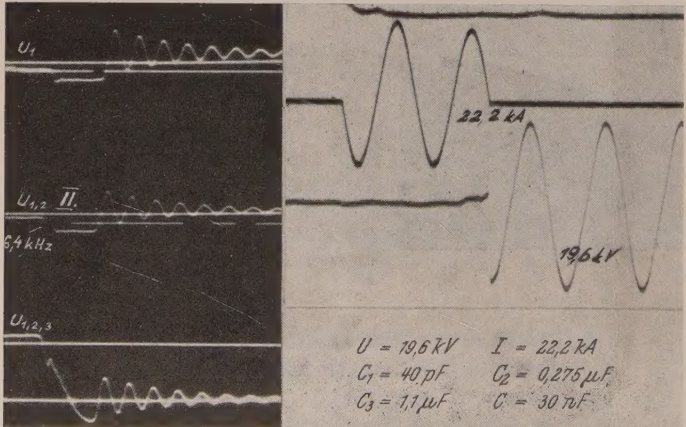


Abb. 13

dem erfolgten Löschen des Lichtbogens ein Spannungsanstieg an der ersten Löschstelle v_1 ersichtlich. Dieser Verlauf wird nicht nur durch U_1 , sondern auch durch $U_{1,2}$ und $U_{1,2,3}$ in unverzerrter Form registriert. Nach dem elektrischen Durchschlag der Löschstelle v_1 zeigt U_1 nur eine Lichtbogenspannung, die einem kapazitiven Strom zugehört. Der Spannungsanstieg an der Löschstelle v_2 wird wie durch die $U_{1,2}$ so auch durch $U_{1,2,3}$ dargestellt. Der Wert $U_{1,2}$ erhöht sich dabei um eine Lichtbogenspannung an der Löschstelle v_1 und der Wert $U_{1,2,3}$ um die Summe der Lichtbogenspannung an v_1 und der Kapazitätsspannung an C_3 .

Nach dem Durchschlag der Löschstelle v_2 (Abb. 6) registriert $U_{1,2}$ eine Lichtbogenspannung und der Spannungsanstieg an v_3 wird durch $U_{1,2,3}$ gemessen. Dieser Wert wird um die Lichtbogenspannungen an v_1 und v_2 erhöht.

Der qualitative Verlauf der elektrischen Festigkeit in Abhängigkeit von der Größe des abgeschalteten Kurzschlußstromes ist in Abb. 9 angeführt. Die Spannungsfestigkeit sinkt mit zunehmendem Strom. Aus den Messungen geht gute Übereinstimmung mit den Resultaten der Arbeit [2] und [3] hervor.

3) Die Auswertung der Meßmethode

Mit Hilfe der angeführten Methode kann man auch die Abhängigkeit der Ausschaltleistung eines Druckluftschalters von der Einschwingfrequenz der wiederkehrenden Spannung feststellen. Die Methodik der Prüfung beruht in der Belastung jeder einzelnen Löschstelle mit verschiedener

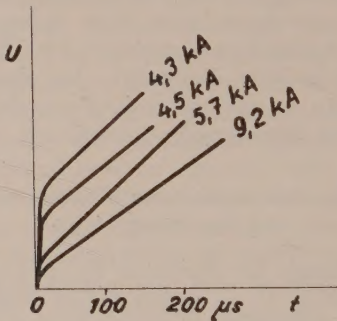


Abb. 9. Der qualitative Verlauf der elektrischen Festigkeit in Abhängigkeit von der Größe des abgeschalteten Kurzschlußstromes

Einschwingfrequenz. Bei nachfolgender Steigerung des Kurzschlußstromes erhöht sich auch die Einschwingfrequenz an allen Löschstellen. Dabei ist die Einschwingfrequenz an der ersten Löschstelle am höchsten. Nach Erreichung einer bestimmten Größe des Kurzschlußstromes kommt es zu einem elektrischen Durchschlag der ersten Löschstelle. Damit ist der erste Punkt der Frequenzabhängigkeit gegeben (s. Abb. 11). Bei weiterer Steigerung des Kurzschlußstromes ermitteln wir analog aus dem Durchschlag der zweiten Löschstelle den zweiten Punkt der erwähnten Abhängigkeit (s. Abb. 13, Bereich II). Ähnliches ergibt sich auch für den dritten dies-

bezüglichen Punkt (Abb. 14). Die Größe der entsprechenden Frequenzen kann man normalerweise experimentell aus den eingestellten Stromkreisen feststellen.

Die Ergebnisse der Prüfungen eines Druckluftschalters CP 405/22-600 bei 20 kV werden in den Abb. 10 . . . 14, und zwar in den Abb. 10 und 12 das Grenzausschalten und in den Abb. 11, 13 und 14 das Nichtausschalten der einzelnen Löschstellen gezeigt. Abb. 15 zeigt die Abhängigkeit des abgeschalteten Kurzschlußstromes von der Einschwingfrequenz der wiederkehrenden Spannung. Diese Abhängigkeit wurde durch normale einphasige Kurzschlußprüfungen bei 20 kV ermittelt. In der letztgenannten Abbildung sind die durch die genannte Methode gewonnenen Punkte eingetragen. Dabei bedeutet: ○ das Ausschalten, × das Nichtausschalten. Aus der Abbildung ist eine gute Übereinstimmung der beiden Messungen ersichtlich.

4) Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde eine Methode für das Messen der Spannungsfestigkeit bei einem Druckluftschalter nach dem Stromnulldurchgang entworfen. Die Methode ermöglicht die Eigenschaften der neuen Schalterkonstruktionen zu erkennen und einen Vergleich zwischen den diesbezüglichen verschiedenen Konstruktionen zu machen. Das Messen der Spannungsfestigkeit bei Druckluftschaltern stellt eine Vertiefung der Kenntnisse der Löschproblematik dar. Die Kenntnis der Spannungsfestigkeit für verschiedene Kurzschlußströme ermöglicht für einen bekannten Zeitverlauf der wiederkehrenden Spannung die Grenzausschaltleistung auszuwerten und einen passenden Schalter in einem gegebenen Netzpunkt einzubauen. Mit Hilfe der Kenntnis der Spannungsfestigkeit können wir den tatsächlichen Verlauf der wiederkehrenden Spannung respektieren und somit erübrigt sich eine Bestimmung der äquivalenten Ersatzteilheit bei einem beliebigen Zeitverlaufe der wiederkehrenden Spannung.

Mit der vorgelegten Methode können auch normale einphasige Kurzschlußprüfungen an einer Löschstelle bei Benützung zwei in Reihe geschalteter Pole durchgeführt werden. Beim Nichtausschalten der ersten Löschstelle fließt ein kapazitiver Strom mit einer niedrigen Eigenfrequenz durch den Schalter. Dieser Strom kann jedoch leicht an der zweiten Löschstelle abgeschaltet werden. Somit fließt durch den Schalter nach erfolgter Rückzündung an der geprüften Löschstelle kein Kurzschlußstrom, der den Schalter beschädigen könnte.

Schrifttum

[1] PETERMICHL, F.: Die Entwicklung der Hochspannungsschalter und ihre Prüfung im Versuchsfeld. E und M, 72. Jg. (1955), H. 44.

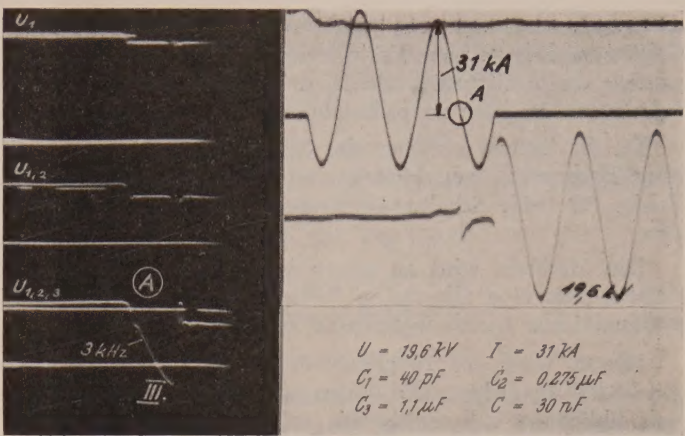


Abb. 14

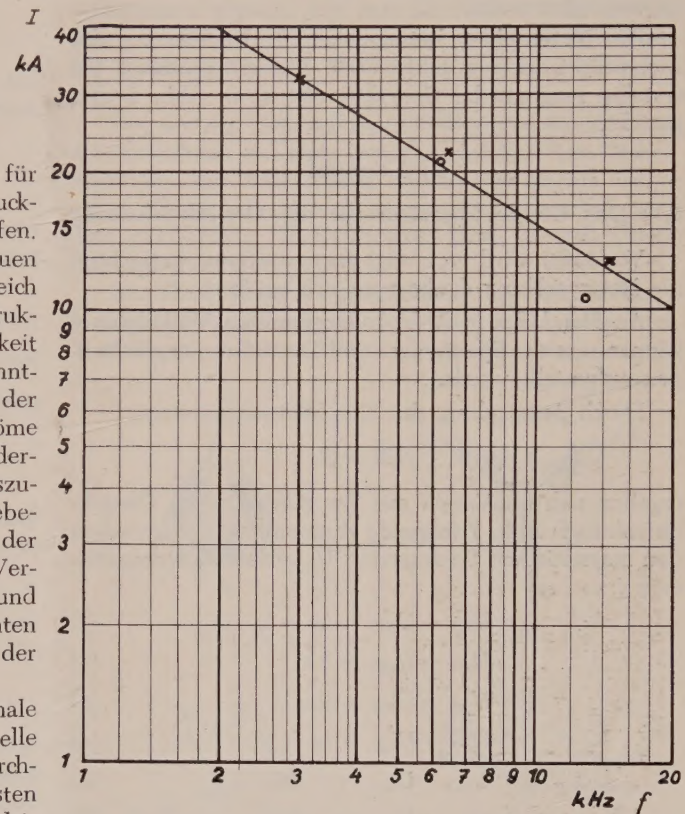


Abb. 15. Die Abhängigkeit des abgeschalteten Kurzschlußstromes von der Einschwingfrequenz der wiederkehrenden Spannung

Die eingezeichnete Gerade wurde durch direkte Kurzschlußprüfungen abgeleitet
Die Punkte wurden durch die Meßmethode gewonnen. Dabei bedeutet: ○ das Ausschalten, × das Nichtausschalten

[2] HOCHRAINER, A.: Das Schalten großer Ströme. AEG-Mitt., 47. Jg. (1957), H. 7/8.

[3] HOCHRAINER, A.: Der Abstandkurzschluß. ETZ-A, 80. Jg. (1959), H. 3, S. 65 . . . 70.

Über Sättigungsoberfelder in Induktionsmaschinen

Von K. OBERRETL, Zürich-Oerlikon

DK 621.313.333.017 : 538.551.3

1) Einleitung

Mit zunehmender Ausnützung der elektrischen Maschinen steigt bekanntlich auch das Problem der parasitären Erscheinungen. Hiervon besitzen Geräusch,

Oberfeldmomente und Zusatzverluste besondere Bedeutung. Zu ihrer Berechnung ist die Kenntnis der Oberfelder unumgänglich notwendig. Trotz umfangreicher Theorien [1], [2], [3], [4] über die parasitären Er-

scheinungen ist man noch weit davon entfernt, dieses Gebiet zu beherrschen. Es soll deshalb hier versucht werden, die Sättigungsoberrfelder der leerlaufenden und belasteten Maschine zu ermitteln.

Da die Ströme zwischen der Stern- und Ringschaltung bekanntlich verschieden sind, müssen auch die Felder für beide Schaltungen getrennt behandelt werden.

Die Methode wird an einem bestimmten Beispiel erläutert, da eine allgemeine Behandlung zufolge der umfangreichen Gleichungssysteme zu kompliziert wäre.

Hierzu wird ein 10poliger, 3phasiger Käfigmotor mit 70 kW betrachtet. Die Nuten sind — wie größtenteils üblich — halbgeschlossen, so daß die Leitwertschwankungen des Luftspaltes nur im Carterfaktor berücksichtigt werden.

Die Nutenzahlen betragen 90/70, die Sehnung der Zweischichtwicklung $y/TP = 8/9$. Die entsprechend [5] erstellte magnetische Charakteristik ist in Abb. 2 dargestellt.

2) Leerlauf

2.1) Das Gleichungssystem für die Dreieck-Schaltung

Vorläufig wird nur die Statorwicklung betrachtet, die Rotorwicklung denke man sich geöffnet.

An Hand des in Abb. 1 dargestellten Wickelplanes können nun die Spannungs- und Durchflutungsgleichungen aufgestellt werden.

Durch Anwendung des Durchflutungsgesetzes,

$$\oint Hdl = \theta,$$

ergeben sich im Verein mit der magnetischen Charakteristik nach Abb. 2 folgende Zusammenhänge zwischen den magnetischen Spannungen U_m und den Strangströmen i :

$$U_{m1} - U_{m2} = i_W - i_U \tag{1}$$
$$U_{m2} - U_{m3} = 2i_W \tag{2}$$
$$U_{m3} - U_{m4} = 2i_W \tag{3}$$
$$U_{m4} - U_{m5} = i_W - i_V \tag{4}$$
$$U_{m5} - U_{m6} = -2i_V \tag{5}$$
$$U_{m6} - U_{m7} = -2i_V \tag{6}$$
$$U_{m7} - U_{m8} = i_U - i_V \tag{7}$$
$$U_{m8} - U_{m9} = 2i_U \tag{8}$$
$$U_{m9} - U_{m10} = 2i_U \tag{9}$$

Wie sich beweisen läßt, ist die Felderregung auch bei beliebigem Stromverlauf periodisch und nach 180° spiegelsymmetrisch, so daß gilt:

$$U_{m1} = U_{m19} = U_{m37} = U_{m55} = U_{m73} = -U_{m10} = -U_{m28} = -U_{m46} = -U_{m64} = -U_{m82}$$
$$U_{m2} = U_{m20} \quad 38 \quad 56 \quad 74 \quad - \quad 11 \quad - \quad 29 \quad - \quad 47 \quad - \quad 65 \quad - \quad 83$$
$$U_{m3} = \quad 21 \quad 39 \quad 57 \quad 75 \quad - \quad 12 \quad - \quad 30 \quad - \quad 48 \quad - \quad 66 \quad - \quad 84$$
$$U_{m4} = \quad 22 \quad 40 \quad 58 \quad 76 \quad - \quad 13 \quad - \quad 31 \quad - \quad 49 \quad - \quad 67 \quad - \quad 85$$
$$U_{m5} = \quad 23 \quad 41 \quad 59 \quad 77 \quad - \quad 14 \quad - \quad 32 \quad - \quad 50 \quad - \quad 68 \quad - \quad 86$$
$$U_{m6} = \quad 24 \quad 42 \quad 60 \quad 78 \quad - \quad 15 \quad - \quad 33 \quad - \quad 51 \quad - \quad 69 \quad - \quad 87$$
$$U_{m7} = \quad 25 \quad 43 \quad 61 \quad 79 \quad - \quad 16 \quad - \quad 34 \quad - \quad 52 \quad - \quad 70 \quad - \quad 88$$
$$U_{m8} = \quad 26 \quad 44 \quad 62 \quad 80 \quad - \quad 17 \quad - \quad 35 \quad - \quad 53 \quad - \quad 71 \quad - \quad 89$$
$$U_{m9} = \quad 27 \quad 45 \quad 63 \quad 81 \quad - \quad 18 \quad - \quad 36 \quad - \quad 54 \quad - \quad 72 \quad - \quad 90$$

(10)

Demnach sind $qm = 9$ verschiedene Zahnfelder zu berücksichtigen, wenn q die Nutenzahl pro Pol und Strang und m die Strangzahl bedeutet. Aus den Gl. (1)

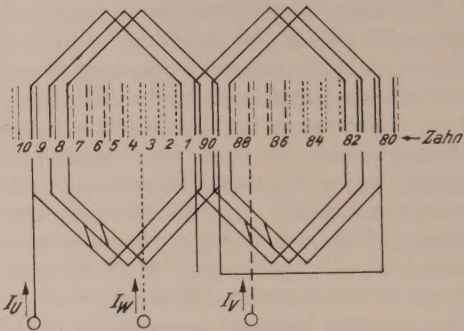


Abb. 1. Wickelplan

bis (9) können mit $U_{m10} = -U_{m1}$ die Ströme eliminiert werden:

$$U_{m1} - U_{m2} = \frac{U_{m2} - U_{m3}}{2} - \frac{U_{m8} - U_{m9}}{2} \tag{11}$$

$$U_{m2} - U_{m3} = U_{m3} - U_{m4} \tag{12}$$

$$U_{m4} - U_{m5} = \frac{U_{m2} - U_{m3}}{2} + \frac{U_{m5} - U_{m6}}{2} \tag{13}$$

$$U_{m5} - U_{m6} = U_{m6} - U_{m7} \tag{14}$$

$$U_{m7} - U_{m8} = \frac{U_{m8} - U_{m9}}{2} + \frac{U_{m5} - U_{m6}}{2} \tag{15}$$

$$U_{m8} - U_{m9} = U_9 + U_1. \tag{16}$$

Die Anwendung des Induktionsgesetzes auf einen Ständerstrang lautet:

$$iR + u_N = -\frac{d\Psi}{dt} - L_{\sigma g} \frac{di}{dt}.$$

Die Spannungsabfälle

$$iR + L_{\sigma g} \frac{di}{dt}$$

spielen im Leerlauf eine untergeordnete Rolle, man kann sie mittels eines angenommenen Stromverlaufes berechnen oder der Einfachheit halber schätzen ($L_{\sigma g} =$ geometrische — einfach verkettete — Streuinduktivität des Stators). Damit ist bekannt

$$iR + L_{\sigma g} \frac{di}{dt} + u_N = e \quad u_N = \text{Netzspannung}$$

und

$$e = -\frac{d\Psi}{dt}.$$

Bei sinusförmiger Spannung \hat{E}^1) und der Netzkreisfrequenz ω wird dann die Flußverkettung:

$$\hat{\Psi} = \frac{\hat{E}}{\omega} 10^3 \text{ [M]}. \tag{17}$$

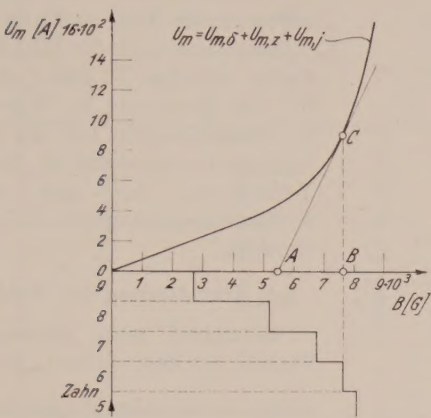


Abb. 2. Magnetische Charakteristik

Für den in Abb. 3b dargestellten unsymmetrischen Zeitpunkt t_2 betragen die Phasenflüsse des 3phasigen Systems:

$$\Psi_U = \hat{\Psi} \cos 15^\circ \tag{18}$$

$$\Psi_V = -\hat{\Psi} \cos 75^\circ \tag{19}$$

$$\Psi_W = -\hat{\Psi} \cos 45^\circ. \tag{20}$$

Der mit der 1. Spulengruppe des Stranges $U-x$ verkettete Fluß beträgt:

$$\Psi_{U,1} = (\Phi_2 + \Phi_3 + \Phi_4 + \Phi_5 + \Phi_6 + \Phi_7) q N + (\Phi_1 + \Phi_8) (q - 1) N + (\Phi_{90} + \Phi_9) (q - 2) N,$$

worin die Flüsse Φ_2, Φ_3 usw. die Zahnflüsse und N die Windungszahl bedeuten. Aus Symmetriegründen ergibt sich der Phasenfluß zu (a = Zahl der parallelen Zweige):

$$\Psi_U = \frac{2p}{a} \Psi_{U,1}.$$

Für die 3 Stränge erhält man mit den Beziehungen (10):

$$\Psi_U = \frac{2p}{a} 3N (\Phi_2 + \Phi_3 + \Phi_4 + \Phi_5 + \Phi_6 + \Phi_7) + \frac{2p}{a} 2N (\Phi_1 + \Phi_8) \tag{21}$$

$$\Psi_V = \frac{2p}{a} 3N (-\Phi_4 - \Phi_3 - \Phi_2 - \Phi_1 + \Phi_9 + \Phi_8) + \frac{2p}{a} 2N (-\Phi_5 + \Phi_7) \tag{22}$$

$$\Psi_W = \frac{2p}{a} 3N (\Phi_1 - \Phi_9 - \Phi_8 - \Phi_7 - \Phi_6 - \Phi_5) + \frac{2p}{a} 2N (\Phi_2 - \Phi_4). \tag{23}$$

Nun fehlen noch die Zusammenhänge zwischen der magnetischen Spannung U_{mz} und dem Zahnfluß Φ_z . Zu diesem Zweck schätzt man vorerst den Verlauf des Luftspaltfeldes und ersetzt an jedem Punkt die magne-

tische Charakteristik durch die Tangente. Für den Zahn 6 gilt die in Abb. 2 eingezeichnete Gerade

$$U_{m6} = \frac{\overline{CB} \Phi_6 q m}{AB A_\delta} + OA \frac{\overline{CB}}{AB} = K_6 \Phi_6 + b_6.$$

So erhält man die zur Bestimmung der Zahnflüsse noch erforderlichen mq Gleichungen:
 A_δ = Luftspaltfläche pro Pol [cm²]

$$\begin{aligned} U_{m1} &= K_1 \Phi_1 + b_1 \\ U_{m2} &= K_2 \Phi_2 + b_2 \\ &\vdots \\ U_{m9} &= K_9 \Phi_9 + b_9. \end{aligned} \tag{24}$$

Es sei vorweggenommen, daß die erste Schätzung der Feldkurve nicht sehr genau sein muß, daß also bei einiger Erfahrung schon die erste Geraden-Schar vollkommen genügt. Aus den Gl. (11) ... (16), (21) bis (23) und (24) ergibt sich für die gesuchten Zahnflüsse ein System von $mq = 9$ Gleichungen, das es zu lösen gilt.

Die Lösung eines solchen Gleichungssystems erfolgt am einfachsten auf einer programmgesteuerten Rechenmaschine. Bei Anwendung des mechanisierten Gaußschen Algorithmus (Doolittle) eignet sich jedoch auch eine gewöhnliche Tischrechenmaschine. Je nach Übung benötigt man etwa 4 ... 7 h.

Zur Ermittlung des zeitlichen Strom- und Feldverlaufes muß man nun mehrere Zeitpunkte betrachten. Vorteilhaft wird man hierzu die beiden symmetrischen

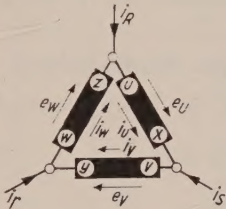


Abb. 3a

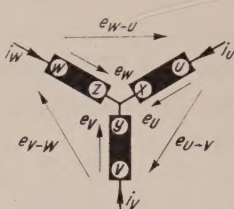


Abb. 4a

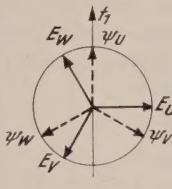


Abb. 3b

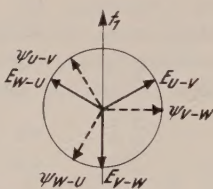


Abb. 4b

Zeitpunkte nach Abb. 3b wählen. Die Zahl der Gleichungen vermindert sich nämlich hier infolge der vollsymmetrischen Feldkurve wesentlich, statt neun sind nur noch vier Gleichungen zu lösen.

¹⁾ Der Index 1 links oben bedeutet die Grundwelle

Über die Ordnungszahl des Gleichungssystems läßt sich allgemein folgendes sagen:

- a) unsymmetrischer Zeitpunkt $n = mq$
- b) symmetrischer Zeitpunkt $n \approx mq/2$.

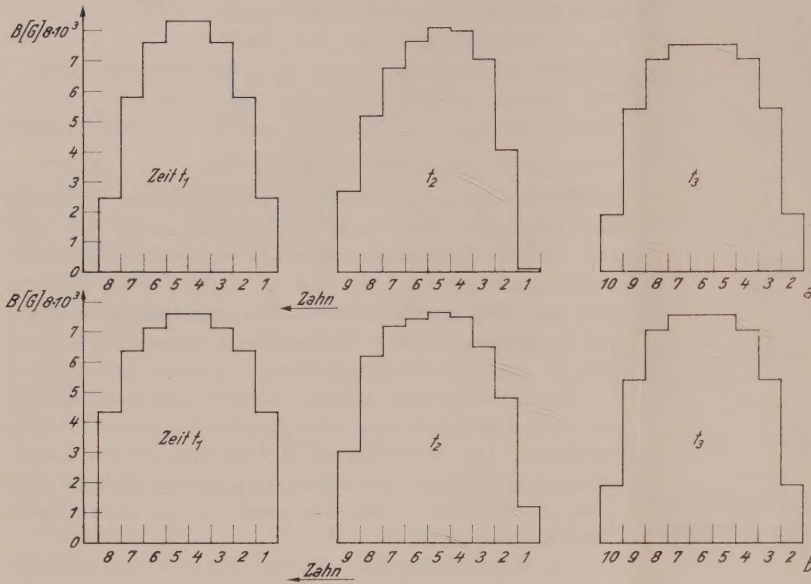


Abb. 5a. Feldkurven bei Δ -Schaltung
Abb. 5b. Feldkurven bei Y -Schaltung

2.2) Das Gleichungssystem bei Stern-Schaltung

Bei der Y -Schaltung kommt die Knotenpunktgleichung hinzu.

$$i_U + i_V + i_W = 0 \quad (25)$$

Mit (8), (2) und (6) ergibt sich

$$-U_{m2} + U_{m3} + U_{m6} - U_{m7} - U_{m8} + U_{m9} = 0. \quad (26)$$

Im Gegensatz zur Δ -Schaltung sind bei der Y -Schaltung nicht die Phasenspannungen, sondern nur die verketteten Spannungen gegeben. Diese ergeben sich mit den Zählfeilen der Abb. 4a zu

$$e_{U-V} = e_U - e_V \quad (27)$$

$$e_{W-U} = e_W - e_U \quad (28)$$

$$e_{V-W} = e_V - e_W. \quad (29)$$

Hierbei ist (29) überflüssig, da sie sich aus der Addition von (27) und (28) ergibt. Für den in Abb. 4b dargestellten unsymmetrischen Zeitpunkt t_2 gilt für die resultierenden Flüsse einerseits

$$\Psi_{U-V} = {}^1\hat{\Psi} \cos 45^\circ \quad (30)$$

$$\Psi_{W-U} = -{}^1\hat{\Psi} \cos 15^\circ \quad (31)$$

und andererseits aus (27), (28)

$$\Psi_{U-V} = \Psi_U - \Psi_V \quad (32)$$

$$\Psi_{W-U} = \Psi_W - \Psi_U, \quad (33)$$

wobei Ψ_U , Ψ_W und Ψ_V den Phasenflüssen von (21), (22) und (23) entsprechen.

Aus (11) ... (16), (26) und (32), (33) erhält man wieder ein Gleichungssystem mq -ter Ordnung. Der Aufwand bezüglich Y - oder Δ -Schaltung ist also vollkommen gleich.

2.3) Die Feld- und Stromkurven

Entsprechend den in den Abb. 3b und 4b angegebenen Zeitpunkten ergeben sich für den erwähnten 10poligen 70-kW-Motor die in den Abb. 5a ... 5f dargestellten Feld- und Stromkurven.

Bemerkenswert ist hierbei die schwankende Feldamplitude bei der Δ -Schaltung und die Gleichheit der Felder zwischen Y - und Δ -Schaltung für den Zeitpunkt t_3 . Während die 3. Stromoberwelle bei der Δ -Schaltung stark ausgeprägt ist, ist bei der Y -Schaltung nur eine schwache 3. Phasenspannungsoberwelle zu beobachten.

2.4) Die Analyse der Feldkurven

Betrachtet man während einer Periode die Zeitpunkte $t_1, t_2, t_3 \dots t_{23}$, wobei die einzelnen Punkte um $\frac{1/50}{24}$ s auseinanderliegen (im Vektordiagramm um 15°), dann läßt sich beweisen, daß aus den Augenblicken t_1, t_2 und t_3 aus Symmetriegründen direkt auf alle übrigen Zeitpunkte geschlossen werden kann.

In Abb. 6 sind die Luftspaltfelder während einer Viertel-Periode zu den Zeitpunkten $t_1 \dots t_7$ dargestellt.

Das Luftspaltfeld läßt sich zu einem beliebigen Zeitpunkt t darstellen durch die Summe

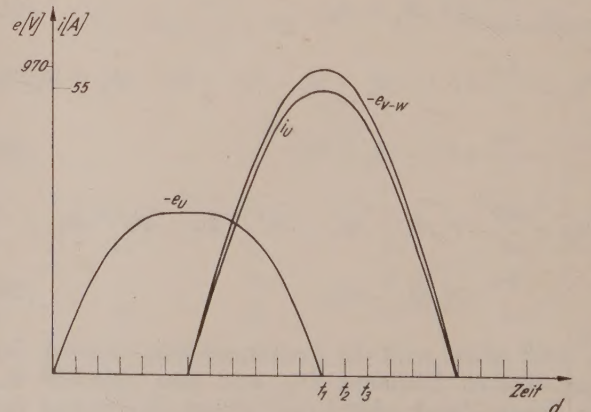
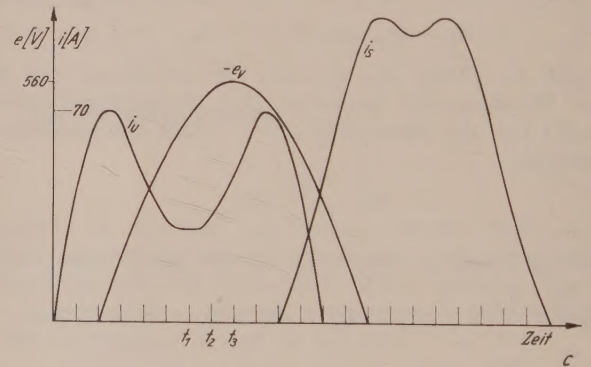


Abb. 5c. Strom- und Spannungskurven bei Δ -Schaltung
Abb. 5d. Strom- und Spannungskurven bei Y -Schaltung

Tabelle Ia. Luftspaltfelder in [G] bei Δ -Schaltung für $q = 3$, $y/TP = 8/9$

$\frac{m}{p}$	1	3	5	7	9	11
1	$+ 8546 \sin (x - \omega t)$	0	$+ 6 \sin (x + 5 \omega t)$	$- 1 \sin (x - 7 \omega t)$	0	$- 0,4 \sin (x + 11 \omega t)$
3	0	$- 991 \cos 3 x \sin 3 \omega t$	0	0	$+ 8 \cos 3 x \sin 9 \omega t$	0
5	$- 159 \sin (5 x + \omega t)$	0	$- 131 \sin (5 x - 5 \omega t)$	$- 23 \sin (5 x + 7 \omega t)$	0	$+ 1 \sin (5 x - 11 \omega t)$
7	$- 42 \sin (7 x - \omega t)$	0	$+ 4 \sin (7 x + 5 \omega t)$	$- 88 \sin (7 x - 7 \omega t)$	0	$- 2 \sin (7 x + 11 \omega t)$
9	0	$- 10 \cos 9 x \sin 3 \omega t$	0	0	$+ 51 \cos 9 x \sin 9 \omega t$	0
11	$+ 28 \sin (11 x + \omega t)$	0	$- 3 \sin (11 x - 5 \omega t)$	$+ 56 \sin (11 x + 7 \omega t)$	0	$+ 0,5 \sin (11 x - 11 \omega t)$
13	$+ 61 \sin (13 x - \omega t)$	0	$+ 51 \sin (13 x + 5 \omega t)$	$+ 9 \sin (13 x - 7 \omega t)$	0	$- 0,4 \sin (13 x + 11 \omega t)$
15	0	$- 198 \cos 15 x \sin 3 \omega t$	0	0	$+ 1,6 \cos 15 x \sin 9 \omega t$	0
17	$- 502 \sin (17 x + \omega t)$	0	≈ 0	≈ 0	0	≈ 0
19	$- 450 \sin (19 x - \omega t)$	0	≈ 0	≈ 0	0	≈ 0

Tabelle Ib. Luftspaltfelder in [G] bei Y -Schaltung für $q = 3$, $y/TP = 8/9$

$\frac{m}{p}$	1	3	5	7	9	11
1	$8536 \sin (x - \omega t)$	0	$- 5,8 \sin (x + 5 \omega t)$	$- 0,3 \sin (x - 7 \omega t)$	0	$- 0,2 \sin (x + 11 \omega t)$
3	0	$1122 \sin 3 x \cos 3 \omega t$ $- 995 \cos 3 x \sin 3 \omega t$	0	0	$+ 7 \sin 3 x \cos 9 \omega t$ $+ 4 \cos 3 x \sin 9 \omega t$	0
5	$+ 141 \sin (5 x + \omega t)$	0	$+ 153 \sin (5 x - 5 \omega t)$	$+ 8 \sin (5 x + 7 \omega t)$	0	$+ 15 \sin (5 x - 11 \omega t)$
7	$+ 1 \sin (7 x - \omega t)$	0	$- 4 \sin (7 x + 5 \omega t)$	$- 5 \sin (7 x - 7 \omega t)$	0	$+ 31 \sin (7 x + 11 \omega t)$
9	0	$+ 1,6 \cos 9 x \sin 3 \omega t$	0	0	$+ 61 \cos 9 x \sin 9 \omega t$	0
11	$- 0,6 \sin (11 x + \omega t)$	0	$+ 3 \sin (11 x - 5 \omega t)$	$+ 3 \sin (11 x + 7 \omega t)$	0	$- 20 \sin (11 x - 11 \omega t)$
13	$- 37 \sin (13 x - \omega t)$	0	$- 40 \sin (13 x + 5 \omega t)$	$- 2 \sin (13 x - 7 \omega t)$	0	$- 4 \sin (13 x + 11 \omega t)$
15	0	$- 224 \sin 15 x \cos 3 \omega t$ $- 199 \cos 15 x \sin 3 \omega t$	0	0	$- 1,4 \sin 15 x \cos 9 \omega t$ $+ 0,7 \cos 15 x \sin 9 \omega t$	0
17	$- 502 \sin (17 x + \omega t)$	0	≈ 0	≈ 0	0	≈ 0
19	$- 449 \sin (19 x - \omega t)$	0	≈ 0	≈ 0	0	≈ 0

$$B_t = f(x) = \sum_{\nu=1}^{\infty} \nu \hat{B}_t' \sin \nu x + \nu \hat{B}_t'' \cos \nu x, \quad (34)$$

wobei man die Fourierkoeffizienten $\nu \hat{B}_t'$ bzw. $\nu \hat{B}_t''$ zweckmäßig mittels des Sprungstellenverfahrens [8] berechnet.

Die Werte $\nu \hat{B}_{t1}' \dots \nu \hat{B}_{t7}'$ bzw. $\nu \hat{B}_{t1}'' \dots \nu \hat{B}_{t7}''$ können über ωt aufgetragen und als Summen dargestellt werden,

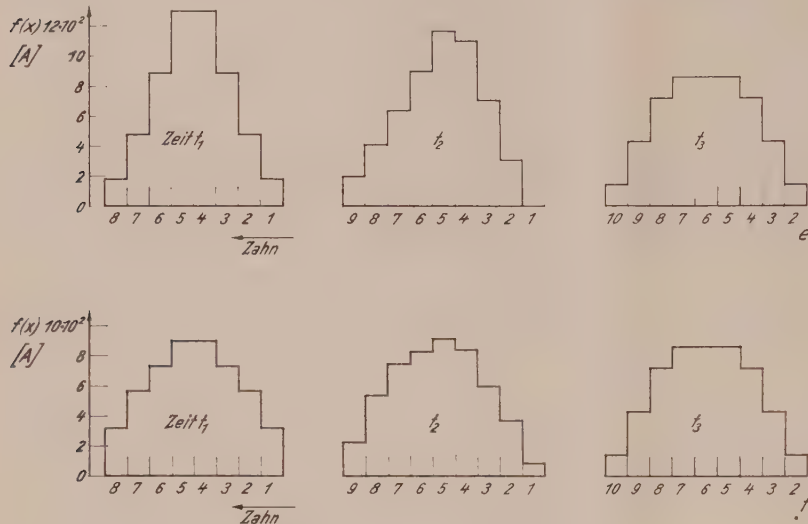


Abb. 5e. Felderreglerkurven bei Dreieck-Schaltung

Abb. 5f. Felderreglerkurven bei Stern-Schaltung

$$\nu \hat{B}_t' = \sum_{m=1}^{\infty} (m, \nu a \cos m \omega t + m, \nu b \sin m \omega t) \quad (35)$$

$$\nu \hat{B}_t'' = \sum_{m=1}^{\infty} (m, \nu c \cos m \omega t + m, \nu d \sin m \omega t), \quad (36)$$

worin aus Symmetriegründen einige der Fourierkoeffizienten $m, \nu a$, $m, \nu b$, $m, \nu c$, $m, \nu d$ Null werden.

Für die räumlich ν -te und zeitlich m -te Oberwelle gilt somit

$$m, \nu B = f(x, t) = m, \nu a \sin \nu x \cdot \cos m \omega t + m, \nu b \sin \nu x \cdot \sin m \omega t + m, \nu c \cos \nu x \cdot \cos m \omega t + m, \nu d \cos \nu x \cdot \sin m \omega t. \quad (37)$$

Die Zerlegung eines beliebig veränderlichen Feldes läuft also auf eine doppelte Fourieranalyse hinaus [6]. Laut (37) können Kreisdrehfelder, Wechselfelder und elliptische Felder auftreten.

Die dieser Gleichung entsprechenden Werte wurden für das Beispiel für die Y- und Δ -Schaltung in Tabelle Ia und Ib zusammengestellt.

Hieraus ergibt sich, daß bei der Δ -Schaltung:

Kreisdrehfelder von der Form $\sin(\nu x \pm m \omega t)$ und Wechselfelder von der Form $\cos \nu x \cdot \sin m \omega t$ auftreten, während bei der Y-Schaltung

Kreisdrehfelder $\sin(\nu x \pm m \omega t)$

elliptische Drehfelder

$$m, \nu A \sin \nu x \cdot \cos m \omega t + m, \nu C \cos \nu x \cdot \sin m \omega t$$

und Wechselfelder $\cos \nu x \cdot \sin m \omega t$

zu beobachten sind.

Diese Tatsache läßt sich ganz allgemein beweisen; für die möglichen Luftspaltfelder gilt Tabelle III.

Bemerkenswert ist ferner, daß alle Nutharmonischen, also insbesondere das 1. Paar mit $\nu = 17, 19$ von der Sättigung vollkommen unabhängig sind und sich wie im ungesättigten Bereich aus $\frac{1\hat{B}}{17}$ bzw. $\frac{1\hat{B}}{19}$ berechnen lassen.

Dies läßt sich ebenfalls für den allgemeinen Fall ableiten. Charakteristisch für die Sättigung ist das Auftreten von fremdfrequenten Feldern mit $m > 1$, von denen das stärkste Feld die 3fache Polzahl und die 3fache Netzfrequenz besitzt. Bei der Δ -Schaltung tritt es als Wechselfeld auf, bei der Y-Schaltung hingegen fast als Drehfeld. Das zweitstärkste Sättigungsfeld besitzt ebenfalls 3fache Netzfrequenz, jedoch 15fache Polzahl.

Die Drehrichtung und die Winkelgeschwindigkeit der Drehfelder ergibt sich aus der Bedingung

$$\nu x \mp m \omega t = \text{konst.}$$

zu

$$\Omega = \frac{dx}{dt} = \pm \frac{m}{\nu} \omega.$$

Das $m, \nu B$ -te Feld bewegt sich also mit der $\frac{m}{\nu}$ -fachen Geschwindigkeit des Hauptfeldes.

Tabelle II enthält zum Vergleich alle Oberfelder für den ungesättigten Zustand, sie gilt natürlich für beide Schaltungen.

Tabelle II. Luftspaltfelder in [G] bei ungesättigter Maschine für $q = 3$, $y/TP = 8/9$

$\nu \backslash m$	1
1	$8530 \sin(x - \omega t)$
3	—
5	$252 \sin(5x + \omega t)$
7	— $78 \sin(7x - \omega t)$
9	—
11	+ $49 \sin(11x + \omega t)$
13	— $97 \sin(13x - \omega t)$
15	—
17	— $502 \sin(17x + \omega t)$
19	— $449 \sin(19x - \omega t)$

2.5) Die doppeltverkettete Streuung

Obwohl die doppeltverkettete Streuung im Leerlauf wenig interessiert, ist ihre Betrachtung trotzdem von Nutzen, da die Ergebnisse Rückschlüsse auf den Nennbetrieb gestatten. Nach der Dreyfusschen Auffassung ist der Sitz der doppeltverketteten Streuung in den Oberfeldern zu suchen. Demnach sind alle Oberfelder, die die eigene Wicklung mit Netzfrequenz, die andere Wicklung jedoch mit Fremdfrequenz induzieren, als Streufelder aufzufassen.

Tabelle III. Die möglichen Luftspaltfelder bei dreiphasigen Ganzlochwicklungen

$\begin{smallmatrix} m \\ \nu \end{smallmatrix}$	1	3	5	7	9	11
1	K		K	K		K
3		W			W	
5	K		K	K		K
7	K		K	K		K
9		W			W	
11	K		K	K		K
13	K		K	K		K
15		W			W	
17	K		K	K		K
19	K		K	K		K
21		W			W	

$\begin{smallmatrix} m \\ \nu \end{smallmatrix}$	1	3	5	7	9	11
1	K		K	K		K
3		E			E	
5	K		K	K		K
7	K		K	K		K
9		W			W	
11	K		K	K		K
13	K		K	K		K
15		E			E	
17	K		K	K		K
19	K		K	K		K
21		W			W	

Δ -Schaltung

Υ -Schaltung

ν = Ordnungszahl der Oberfelder
 m = Frequenzbeiwert
 K = Kreisdrehfeld
 W = Wechselfeld
 E = elliptisches Drehfeld

Diese Definition gilt für die rotierende Maschine, sie zeichnet sich im Gegensatz zu anderen durch eine zwanglose und eindeutige Trennung der Primär- und Sekundärstreuung aus.

Es wäre nun falsch, die im ungesättigten Zustand gültigen Formeln

$$\sigma_d = \frac{\text{Fläche der quadrierten Feldkurve}}{\text{Fläche der quadrierten Grundwelle}} - 1 \quad (38)$$
oder

$$\sigma_d = \frac{1}{1K_W^2} \sum_{\nu \neq 1} \left(\frac{{}^\nu K_W}{\nu} \right)^2 = \left[\frac{1}{1K_W^2} \sum_{\nu \neq 1} \left(\frac{{}^\nu K_W}{\nu} \right)^2 \right] - 1 \quad (39)$$

auf die tatsächlichen (gesättigten) Feldkurven anzuwenden (K_W = Wicklungsfaktor).

Das größte Sättigungsoberfeld (s. Tabelle Ib)
 ${}^{3,3}B = 1\,122 \sin 3x \cdot \cos 3\omega t - 995 \cos 3x \cdot \sin 3\omega t$
liefert beispielsweise zur Klemmenspannung überhaupt keinen Beitrag, es ist daher nicht als Streufeld aufzufassen. Dementsprechend sind alle fremdfrequenten Oberfelder in der doppeltverketteten Streuung nicht zu berücksichtigen.

Für die Streuspannung des Stators $E_{\sigma d}$ gilt:

$$E_{\sigma d} = {}^1E - {}^{1,1}E$$
$$= \sum_{m \neq 1} \sum_{\nu \neq 1} {}^{m,\nu}E_{\sigma d} = \sum_{\nu \neq 1} {}^{1,\nu}E_{\sigma d} + \underbrace{\sum_{m \neq 1} \sum_{\nu} {}^{m,\nu}E_{\sigma d}}_0 \quad (40)$$
$$= \sum_{\nu \neq 1} {}^{1,\nu}E_{\sigma d} \quad (41)$$

1E = Klemmenspannung abzüglich ohmschen Spannungsabfall und geometrischer Streuspannung nach (17)
 ${}^{1,1}E$ = Selbstinduktionsspannung der räumlichen und zeitlichen Grundwelle des Luftspaltfeldes.

Für den Koeffizienten der doppeltverketteten Streuung gilt dann:

$$\sigma_d = \frac{{}^1E - {}^{1,1}E}{{}^{1,1}E} \quad (42)$$

$$= \frac{\sum_{\nu \neq 1} {}^{1,\nu}E_{\sigma d}}{{}^{1,1}E}, \quad (43)$$

er läßt sich am einfachsten aus (42) berechnen. Mit den Beziehungen

$${}^1E \sim f_N {}^1\hat{\Psi} \quad (44)$$

$${}^{1,1}E \sim \frac{z}{2} f_N {}^1K_W {}^{1,1}\hat{B} \frac{2}{\pi} A_8 \quad (45)$$

z = Serieleiterzahl pro Strang

ergibt sich weiter

$$\sigma_d = \frac{{}^1\hat{\Psi}}{\frac{z}{2} {}^1K_W {}^{1,1}\hat{B} \frac{2}{\pi} A_8} - 1. \quad (46)$$

Für das gewählte Zahlenbeispiel erhält man damit

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{d\Delta} &= 0,009\,6 \\ \sigma_{d\Upsilon} &= 0,010\,8 \end{aligned} \right\} \quad q = 3, \, y/Tp = 8/9,$$

während man für den ungesättigten Zustand

$$\sigma_d = 0,011\,5$$

erhalten hätte.

Die doppeltverkettete Streuung ist bei der gesättigten Maschine zeitlich nicht konstant, wie aus folgender Zusammenstellung hervorgeht:

	t_1	t_2	t_3
Δ	0,009 0	0,009 6	0,010 1
Υ	0,011 6	0,010 8	0,010 1

Da, wie bereits erwähnt, alle Nutharmonischen von der Sättigung nicht beeinflusst werden und dieselben für σ_d den Hauptanteil liefern, läßt sich die relativ geringe Abweichung vom ungesättigten Wert auch physikalisch

den Abb. 7 a, 7 b erkennt man die gute Übereinstimmung mit den entsprechenden Rechenwerten nach Abb. 5 c, 5 d, obwohl ein Käfigrotor verwendet wurde. Durch die Käfigwicklung erfolgt nämlich eine Abdämpfung der

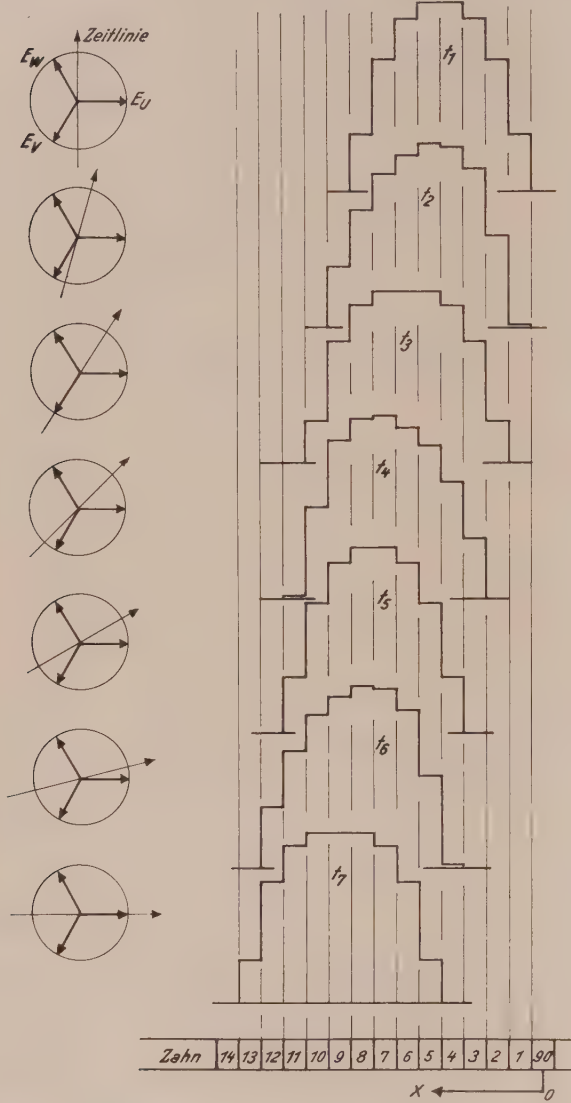


Abb. 6 Luftspaltfeld bei Δ -Schaltung zu verschiedenen Augenblicken

einsehen. Die ausschließliche Summierung der Nutharmonischen nach (39) liefert für Phasenwicklungen die Beziehung

$$\sigma'_d = \left(\frac{\pi}{2m} \right)^2 \frac{1}{q^2 \sin^2 \frac{\pi}{2mq}} - 1, \quad (47)$$

die mit der Gleichung für den Käfigrotor identisch ist.

Hieraus erhält man für das Zahlenbeispiel

$$\sigma'_d = 0,0102,$$

also etwa das Mittel aus den Werten für die Y- und Δ -Schaltung.

2,6) Vergleich mit Meßwerten

Einen Beweis für die Brauchbarkeit der dargestellten Berechnungsmethode erhält man aus dem Vergleich des gemessenen und berechneten Stromverlaufes. Aus

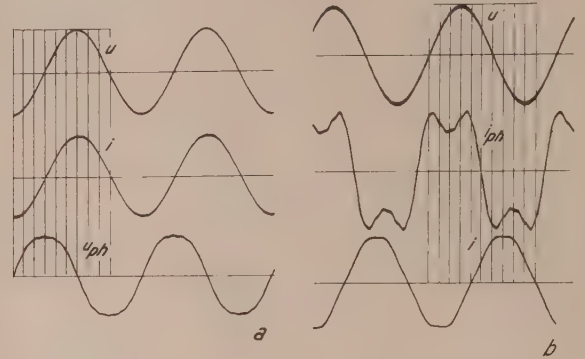


Abb. 7. Gemessene Strom- und Spannungskurven
a) Y-Schaltung b) Δ -Schaltung

Oberfelder, sofern eine Relativbewegung vorhanden ist.

Bei größeren Schlupfwerten s erfolgt eine Abdämpfung auf das νC -fache, wobei

$$\nu C = 1 - \frac{\nu \eta^2}{1 + \nu \sigma_{d2} + \nu \sigma_{g2}} \quad (48)$$

$$\nu \eta = \frac{\sin \nu p \pi / n}{\nu p \pi / n} = \text{Schrägungsfaktor bei Schrägung um}$$

$\frac{1}{n}$ des Umfanges,

$\nu \sigma_{g2}$ = geometrischer Rotorstreukoeffizient für das ν -te Oberfeld,

$\nu \sigma_{d2}$ = Koeffizient der doppeltverketteten Streuung für das ν -te Oberfeld.

Diese Dämpfung wirkt bei Δ -Schaltung besonders auf das Wechselfeld $^{3,3}B$, was eine Verminderung der 3. Stromoberwelle zur Folge hat.

Bei der Y-Schaltung ist der Einfluß des Käfigs gering, da sich das stärkste Sättigungsfeld $^{3,3}B$ fast als (synchron laufendes) Kreisdrehfeld ausbildet.

Beim Schleifringmotor ist die Abdämpfung der Oberfelder vernachlässigbar, da die Kopplung mit dem Rotor bekanntlich schlecht ist.

3) Belastung

Die Berücksichtigung der Sättigung auf die Oberfelder wäre bei Belastung grundsätzlich in der gleichen Weise möglich. Die Art und die Größe des zu lösenden Gleichungssystems bedeuten jedoch einen praktisch unüberwindlichen Rechenaufwand. Aus der (vom Kurzschlußversuch bekannten) Tatsache, daß die Sättigung der Felder bis zum Nennstrom unbedeutend ist, läßt sich jedoch die Überlegung ableiten, daß die Sättigungsfelder

$$m \neq 1, \nu B$$

auch im Nennbetrieb erhalten bleiben, soweit sie nicht entsprechend (48) gedämpft werden.

Die netzfrequenten Oberfelder

$$1, \nu B$$

wachsen mit dem Strom, wobei die Nutharmonischen als wichtigste Vertreter sättigungsunabhängig sind. Man

kann diese Gruppe daher aus der bekannten Beziehung errechnen:

$$1, \nu B = \mu_0 \frac{3 z_1}{\nu \pi \delta 2 p} \nu K_{w1} 1 I_1 \sqrt{2}.$$

Für den Käfigrotor gilt:

$$\mu B_2 = \mu_0 \frac{Z_2}{\mu \pi \delta 2 p} 1 I_2 \sqrt{2}$$

- z_1 = Serieleiterzahl pro Statorstrang,
- Z_2 = Nutenzahl des Rotors,
- δ = Luftspalt,
- μ = Ordnungszahl der Rotorfelder.

Die doppeltverkettete Streuung im Nennbetrieb wird zwischen dem gesättigten und ungesättigten Wert liegen, im vorliegenden Falle also zwischen

$$\frac{0,96 + 1,08}{2} = 1,02 \text{ und } 1,15 \quad [\%].$$

Man begeht daher keinen groben Fehler, wenn man den Einfluß der Sättigung des Luftspaltfeldes auf die doppeltverkettete Streuung bei Nennlast vernachlässigt.

4) Geräusch

Auf die Bedeutung der Sättigungsfelder auf das magnetische Geräusch von 3phasigen Induktionsmotoren sei kurz hingewiesen.

4,1) Leerlauf

Im Leerlauf setzt sich das Luftspaltfeld aus folgenden Feldern zusammen [2], [4]:

$\lambda = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$ $g_1 = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$	Polpaarzahl	Frequenz
Hauptfeld $1,1 B$	p	f_N
Statoroberfelder einschl. Nutung $1, \nu B$	$p (6 g_1 + 1)$	f_N
Rotor- nutungsfelder μB_{2N}	$p + \lambda_2 Z_2$	$\left(1 + \frac{\lambda_2 Z_2}{p}\right) f_N$
gegenseitige Nutungsfelder μB_{2gN}	$p + \lambda_1 Z_1 + \lambda_2 Z_2$	$\left(1 + \frac{\lambda_2 Z_2}{p}\right) f_N$

Hinzu kommen noch, abgesehen von Exzentrizitäten, Unsymmetrien und parallelen Zweigen, die Sättigungsfelder. Bei der Y-Schaltung sind die 3 stärksten Sättigungsfelder (s. Tabelle 1b)

	Polpaarzahl	Frequenz
$3,3 B$	$3 p$	$3 f_N$
$3,15 B$	$15 p$	$3 f_N$
$5,5 B$	$5 p$	$5 f_N$

annähernd Kreisdrehfelder, von denen $3,15 B$ gegenläufig ist. Die Radialkraftwellen sind der quadrierten, resultierenden Feldkurve proportional. Die Rechnung ergibt hierfür eine Summe von Feldprodukten, von denen jedes in 2 Drehkraftwellen mit der Ordnungszahl r und dem Frequenzbeiwert n zerlegt werden kann.

Die auf Grund der Sättigungsfelder auftretenden Ordnungszahlen und Frequenzen der Radialkraftwellen sind in Tabelle IV zusammengestellt. Man erkennt

Tabelle IV. Störtonfrequenzen $n \cdot f_N$ und Kraftwellen-Ordnungszahlen r infolge der Sättigung bei Stern-Schaltung

	$3,3 B$			$3,15 B$		$5,5 B$	
	Ordnungszahl	Frequenz $n \cdot f_N$		Ordnungszahl	Frequenz $n \cdot f_N$	Ordnungszahl	Frequenz $n \cdot f_N$
Hauptfeld	$4 p$ $- 2 p$	$4 f_N$ $- 2 f_N$		$16 p$ $- 14 p$	wie $3,3 B$	$6 p$ $- 4 p$	$6 f_N$ $- 4 f_N$
Statoroberfelder einschließlich Nutung	$p \left(6 g_1 \pm 2 \right)$	$4 f_N$ $- 2 f_N$		$p \left(6 g_1 \pm 14 \right)$		$p \left(6 g_1 \pm 4 \right)$	$6 f_N$ $- 4 f_N$
Rotor nutungsfelder	$4 p + \lambda_2 Z_2$ $- 2 p$	$\left(1 + \frac{\lambda_2 Z_2}{p} \right) f_N$		$16 p + \lambda_2 Z_2$ $- 14 p$		$6 p + \lambda_2 Z_2$ $- 4 p$	$\left(1 + \frac{\lambda_2 Z_2}{p} \right) f_N$
Gegenseitige Nutungsfelder	$4 p + \lambda_1 Z_1 + \lambda_2 Z_2$ $- 2 p$	$\left(1 + \frac{\lambda_2 Z_2}{p} \right) f_N$		$16 p + \lambda_1 Z_1 + \lambda_2 Z_2$ $- 14 p$		$6 p + \lambda_1 Z_1 + \lambda_2 Z_2$ $- 4 p$	$\left(1 + \frac{\lambda_2 Z_2}{p} \right) f_N$
Sättigungsfeld	$6 p$ 0	$6 f_N$ 0		$18 p$ $- 12 p$		$8 p$ $- 2 p$	$8 f_N$ $- 2 f_N$
Sättigungsfeld	$18 p$ $12 p$	$6 f_N$ 0		$30 p$ 0		$20 p$ $10 p$	$8 f_N$ $- 2 f_N$
Sättigungsfeld	$8 p$ $2 p$	$8 f_N$ $2 f_N$		$20 p$ $- 10 p$		$10 p$ 0	$10 f_N$ 0

hieraus, daß unangenehme Geräusche (niedrige Ordnungszahlen r und hohe Frequenzen $n \cdot f_N$) für die Feldkombinationen

- a) $^{3,15}B$ und $^{14}B_{2N}$
- b) $^{3,15}B$ und $^{14}B_{2GN}$
- c) $^{3,3}B$ und $^{14}B_{2GN}$
- d) $^{5,5}B$ und $^{14}B_{2GN}$

auftreten können, wobei sich die Kombinationen b) und c) infolge gleicher Frequenz addieren. Hierfür ergeben sich bei $\lambda_2 = \pm 1$ Geräusche zwischen etwa 750 bis 2 000 Hz.

Die Kombinationen zweier Sättigungsfelder ergeben Störfrequenzen unter 500 Hz, sie machen sich vorwiegend als Vibrationen bemerkbar.

Die bei der Δ -Schaltung auftretenden Wechselfelder $^{3,3}B$, $^{3,15}B$ kann man sich durch 2 gegenläufige Drehfelder von halber Amplitude ersetzt denken, für die dann ähnliche Überlegungen gelten.

4,2) Nennlast

Bei Schleifringmotoren ändert sich erfahrungsgemäß zwischen Leerlauf und Nennlast das Geräusch nicht wesentlich.

Bei Käfigmotoren können die Sättigungsfelder durch Rotoroberströme gedämpft werden, wobei sich 2 verschiedene Wirkungen ergeben können:

1. Das Leerlaufgeräusch verschwindet mit zunehmender Belastung;

2. Die entstehenden Rotoroberströme bewirken Sättigungsrestfelder [7], die neue Feldkombinationen ergeben und ein mit der Belastung wachsendes Geräusch bewirken.

In allen Fällen ist für das magnetische Geräusch natürlich nicht nur die Größe und Form der Sättigungsfelder, sondern ebenso die Resonanzlage des Stators maßgebend.

5) Zusammenfassung

Es wird eine Methode zur Berechnung der von der Sättigung des Hauptflusses herrührenden Oberfelder angegeben. Charakteristisch für die Eisensättigung ist das Auftreten von zusätzlichen, fremdfrequenten Oberfeldern. Es zeigt sich, daß die Nutharmonischen bis etwa Nennlast durch die Sättigung nicht beeinflusst werden.

Die doppeltverkettete Streuung im Nennbetrieb verringert sich infolge der Eisensättigung nur wenig.

Durch Interferenz von gewissen Luftspaltfeldern mit Sättigungsfeldern können störende Geräusche und Vibrationen entstehen, deren Frequenzen und Ordnungszahlen zusammengestellt werden.

Schrifttum

- [1] RICHTER, R.: Elektrische Maschinen IV. Berlin: Springer. 1936.
- [2] JORDAN, H.: Geräuscharme Elektromotoren. Essen: Girardet. 1950.
- [3] KRONDL, M.: Selbsterregte Rüttelschwingungen von Induktionsmaschinen mit parallelen Wicklungszweigen. Bulletin-SEV, 47. Jg. (1956), S. 581.
- [4] JORDAN, H., und H. ROTHERT: Vorausberechnung des magnetischen Geräusches von Schleifringläufermotoren. ETZ-A, 75. Jg. (1954), S. 519.
- [5] OBERRETL, K.: Die genauere Berechnung des Magnetisierungsstromes von dreiphasigen Asynchronmaschinen. Bulletin Oerlikon (1959), Nr. 335, S. 65.
- [6] STAEBLEIN, W.: Über den Magnetisierungsstrom des Drehstrommotors bei hoher Zahnsättigung. A.f.E., Bd. 25 (1931), S. 168.
- [7] JORDAN, H., und F. LAX: Über die Wirkung von Exzentrizitäten und Sättigungserscheinungen auf den Körper- und Luftschall von Drehstrom-Asynchronmotoren. AEG-Mitt., 44. Jg. (1954), S. 423.
- [8] KOEHLER, G., und A. WALTHER: Fouriersche Analyse von Funktionen mit Sprüngen, Ecken und ähnlichen Besonderheiten. A.f.E., Bd. 25 (1931), S. 747.

Rundschau

Schaltanlagen

DK 621.315.616.9 : 621.316.37.027.3.048.1

Isolationstechnische Probleme bei Verwendung von Kunststoffen in Hochspannungs-Schaltanlagen. Von K. GETSCHMANN und G. MEINERS.

Dem Konstrukteur für elektrische Hochspannungsanlagen stehen heute in zunehmendem Maße hochwertige Isolierstoffe zur Verfügung. Es ist naheliegend, zu prüfen, ob gekapselte Schaltanlagen mit geringen Abmessungen und mit ähnlichen Eigenschaften wie die bekannten öl- oder massegefüllten Anlagen gebaut werden können, ohne deren Brandgefahr in Kauf nehmen zu müssen.

Es wird über drei verschiedene Isolierungsverfahren berichtet, und zwar über die Abschirmung, die Teilisolierung und die Vollisolierung. Die Technik der Vollisolierung ist aus der Kabel-Technik bekannt. Bei der sogenannten Teilisolierung ist jeder der beiden elektrischen Leiter mit einer mehr oder weniger dicken Isolationsschicht umgeben und außerdem ist eine Luftschicht vorgesehen, von deren richtiger Bemessung die Gesamtwirkung abhängt. Diese Luftschicht kann unter Atmosphärendruck oder unter einem höheren Druck stehen. Die erwähnte Luftschicht hat die

Aufgabe, die feste Isolationsschicht elektrisch erheblich zu entlasten.

Bei der sogenannten Abschirmung werden in einiger Entfernung von den elektrischen Leitern dünne Schirme aus Isolationsmaterial angeordnet, die besonders bei unhomogenen elektrischen Feldbindungen, wie sie durch Spitzen und Kanten der Leiter hervorgerufen werden, Feldverbesserungen und damit eine Erhöhung der Spannungsfestigkeit hervorrufen. Diese drei Isolierungsverfahren können innerhalb einer Anlage miteinander kombiniert zur Anwendung kommen. Bei der Auswahl spielen in erster Linie wirtschaftliche Gesichtspunkte eine Rolle.

Die kleinsten Anlagen-Abmessungen werden bei Verwendung der erwähnten Vollisolierung erzielt. IMHOF hat für vollisolierte, in Gießharz gebettete Höchstspannungsanlagen Entwürfe ausgearbeitet und Lösungen für das „Fugenproblem“ angegeben. Derartige Fugen entstehen bei allen mit festen Isolationsschichten ausgerüsteten Anlagen an den Stellen, an denen beispielsweise gelegentlich der Montage und Demontage mehrere Geräte zusammengefügt werden müssen.

Vom Betriebsfachmann werden dem Konstrukteur folgende Wünsche, die durch die Isolierung erfüllt werden sollen, genannt:

1. Verminderung der Abmessungen, Ersparnis an Gelände oder Raum;
2. Schutz gegen Gefahren im Falle der Berührung;
3. Vermeidung von Erdschlüssen und Kurzschlüssen (Phasentrennung);
4. Vermeidung von Störungen durch Tiere (Ratten, Schlangen, Eidechsen);
5. Schutz im Falle: Schraubenschlüssel quer zur Sammelschiene;
6. Schutz gegen Verschmutzung;
7. Schutz gegen Lichtbogenwanderung.

Auf dem Mittelspannungsgebiet bis etwa 30 kV ergeben sich verhältnismäßig einfache Lösungen. Auf dem Höchstspannungsgebiet, d. h. für Betriebsspannungen über 60 kV, wenden die Ingenieure der ganzen Welt bevorzugt die Zylinder-Anordnung als grundsätzliche Anlagen-Bauform an, und zwar in erster Linie, weil das elektrische Feld der Zylinderform weitgehend homogen ist. Eine Folge dieser günstigen Feldverhältnisse der Zylinderform sind kleine Anlagen-Abmessungen.

Die amerikanischen Ingenieure haben in letzter Zeit eine 138-kV-Anlage vollgekapselt, aber mit blanken Leitern und Geräten innerhalb der Kapselung in Betrieb genommen. Der Durchmesser der Zylinder-Kapselung eines Phasenleiters beträgt etwa 2 m. Anlaß für die Kapselung war neben einer Geländeersparnis von etwa 30% und dem Schutz gegen Verschmutzung die Vermeidung von Radiostörungen, wie sie in Freiluftanlagen durch Glimmen und Sprühen von Leitungen und Geräten in ungünstigen Fällen vorkommen können. Die in der Zylindermitte liegenden Leitungen, Sammelschienen und Teleskop-Trenner werden durch drei sternförmig angeordnete Stütz-Isolatoren getragen. Durch diese Halterung der Leiter und Geräte wird leider das von Haus aus sehr günstige elektrische Zylinderfeld verschlechtert. Der Konstrukteur strebt eine möglichst geringe Verschlechterung, d. h. einen möglichst hohen Feldausnutzungsfaktor an. Die Verwendung von Säulenstützern der üblichen Art ergibt ungünstige Verhältnisse.

Schon im Jahre 1933 hat v. SCHAUBERT druckgasgekapselte Höchstspannungsanlagen entworfen, bei denen geringe Abmessungen durch Erhöhung der Durchschlagsfestigkeit der Luft durch Anwendung höherer Drücke erzielt werden.

Wenn es auf die eine oder andere Weise gelingt, gekapselte Höchstspannungsanlagen mit sehr geringen Abmessungen zu bauen, entsteht ein schwieriges Problem beim Hereinführen der Höchstspannungs-Freileitungen an diese Anlagen. Ein Weg besteht in der Verwendung von kurzen Kabelstücken zwischen dem letzten Freileitungsmast und der Anlage. Es ist aber auch möglich, die Freileitungen in besonderer Weise so an die gekapselte Anlage anzuschließen, daß kleine Gesamtabmessungen erzielt werden.

Die Verfasser sind der Meinung, daß durch Ausnutzung der in den neuen Kunststoffen liegenden Möglichkeiten das Gesicht der Höchstspannungsanlagen wesentlich verändert wird.

G. Meiners

(ETZ-A, Bd. 80 [1959], H. 20, S. 711...718, 16 Abb., 24 Qu.)

Werkstoffe

DK 669.714

„Siebenneuner“-Aluminium. Von F. REICHEL, München.

Nach einer Methode, die vom Lehrstuhl für Buntmetalle des sowjetischen Kalinin-Instituts unter Leitung von Professor BELJAJEW entwickelt wurde, ist es gelungen, das reinste Aluminium der Welt herzustellen. Man nennt es „Siebenneuner“-Aluminium, da seine Reinheit durch eine siebenstellige Zahl ausgedrückt wird; sie beträgt 99,999 99%.

Bei dem Verfahren handelt es sich um einen Sublimationsvorgang, der in einer Vakuum-Spezialeinrichtung abläuft. Das bisher reinste Aluminium, das von deutschen Wissenschaftlern hergestellt wurde, war ein „Fünfeuner“-Aluminium, bei dem in der Spektralanalyse noch kleine Verunreinigungen mit anderen Metallen nachgewiesen wurden. Im Spektrum des „Siebenneuner“-Aluminiums ist nur noch eine schwache Spur von Magnesium erkennbar.

Das „Siebenneuner“-Aluminium ist erheblich weicher und plastischer als gewöhnliches Aluminium, fast antimagnetisch und hat bei einer Temperatur von $-271,4^{\circ}\text{C}$ eine viel niedrigere Remanenz. Mit zunehmender Reinheit verbessern sich verschiedene wertvolle Eigenschaften, z. B. die thermische und elektrische Leitfähigkeit, das Reflexionsvermögen und vor allem die Korrosionsbeständigkeit.

Das höchstreine Aluminium wird eine umfangreiche Verwendung in der Halbleitertechnik, der Chemie, der Nahrungsmittelindustrie und bei der Herstellung von Reflektoren und Spiegeln finden. Derartige Aluminiumspiegel übertreffen Silberspiegel auch darin, daß sie sichtbare Strahlen ebensogut wie ultraviolette reflektieren.

Die bisher gewonnenen Mengen wurden in einer Laboratoriumsanlage erzeugt. Das technische Projekt einer Großversuchsanlage wurde jedoch bereits fertiggestellt.

Werkstoffprüfung

DK 539.4.014.11.001.57

Spannungsoptik, ein Hilfsmittel zur Verbesserung der Konstruktion. Von H. WOLF, Mühlheim/Ruhr.

Die richtige Bemessung eines Bauteiles setzt die Kenntnis der Spannungsverteilung voraus. Diese ist vor allem durch die äußere Krafteinwirkung und die Form des Teiles bestimmt. Bei einfachen Formen läßt sich die Spannungsverteilung rechnerisch ermitteln, bei komplizierten Bauteilen dagegen nur angenähert angeben. Man bestimmt deshalb häufig die sogenannte Gestaltfestigkeit — also den Einfluß der Form auf die Tragfähigkeit — im Versuch. Diese Untersuchung setzt voraus, daß das Bauteil schon vorliegt.

Für den Konstrukteur ist es nun von großem Vorteil, wenn er schon beim Entwurf die bezüglich der Festigkeit optimale Form kennt. Diesem Wunsch kommt die Spannungsoptik sehr entgegen. Mit ihrer Hilfe können die Spannungen an einem Kunststoffmodell optisch sichtbar gemacht werden, und man erhält so ein Gesamtbild über die Beanspruchung des Bauteiles. Durch die Entwicklung der Spannungsoptik in den letzten Jahren hat die Auswertung der Versuchsergebnisse einen sehr hohen Grad an Sicherheit erreicht, so daß die Spannungsoptik in der Industrie mehr und mehr angewendet wird. Besonders auch bei der Konstruktion von Groß-Maschinen, wie z. B. im Turbinen- und Generatorenbau, bedeutet die Spannungsoptik eine wertvolle Ergänzung der Festigkeitsberechnung und Befruchtung der Konstruktion, da man an Hand von Modellen schnell, sicher und verhältnismäßig billig die beste Form ermitteln kann.

Als Modellmaterialien kommen z. Z. vor allem Polyesterharze (z. B. VP 1527) und Araldit-Gießharze (z. B. Araldit B) in Frage. Die spannungsoptische Konstante, ein Maß für die spannungsoptische Empfindlichkeit, hat für die verschiedenen Modellmaterialien einen unterschiedlichen Wert.

Spannungsoptische Untersuchungen können sowohl an ebenen als auch an räumlichen Modellen durchgeführt werden. Die Analyse räumlicher spannungsoptischer Untersuchungen ist im allgemeinen sehr kompliziert, denn der Modellwerkstoff verhält sich in jedem Modellpunkt wie ein doppelbrechender Kristall, wobei sich die Doppelbrechung von Punkt zu Punkt nach Größe, Richtung und Art ändern kann. Es gibt jedoch auch hier eine große Anzahl von Untersuchungs- und Auswertungsverfahren, die es ermög-

lichen, alle räumlichen Spannungsuntersuchungen mit praktisch ausreichender Genauigkeit durchzuführen. Die meisten Verfahren werden dabei mit dem sogenannten Einfrierverfahren kombiniert.

Die Abb. 1 zeigt als Beispiel aus dem Turbinenbau die Isochromatenverteilung bei einem einfachen T-Fuß in der



Abb. 1. Isochromatenverteilung beim T-Fuß mit Nut

Nut unter reiner Fliehkraftbeanspruchung. Die größten Spannungen treten in den Kerben und an den Krafteinleitungsstellen auf. Meist arbeitet man bei solchen Problemen mit dem sogenannten Kerbfaktor (Verhältnis der maximalen



Abb. 2. Isochromatenaufnahme eines Gehäusespants

Spannung zu einer Nennspannung). Variiert man noch die Form, entstehen Zusammenhänge zwischen dem Kerbfaktor und den verschiedenen Parametern, wie z. B. Kerbradius, Fußbreite, Fußhöhe, Abschrägung usw. Aus diesen Zusammenhängen kann dann direkt auf eine optimale Form geschlossen werden.

Auch im Generatorenbau können spannungsoptische Methoden mit Erfolg eingesetzt werden. Die Abb. 2 zeigt eine spannungsoptische Untersuchung an einem Generatorgehäuse der wasserstoffgekühlten Bauart zur Bestimmung der Spannungsverteilung in Gehäusespanten. Außer dem Eigengewicht müssen Gehäuse und damit die Spanten auch die Beanspruchungen im Falle eines Kurzschlusses aufnehmen können. Zur Bestimmung der entstehenden Spannungen, die praktisch kaum berechnet werden können, genügt hier in erster Näherung ein ebener Versuch. Aus der Isochromatenaufnahme können dann die Momentennullpunkte und die maximalen Spannungen ermittelt werden.

(Siemens-Zeitschrift, 33. Jg. [1959], H. 6, S. 409...417, 26 Abb.)

Chemie

DK 620.197.2

Fachleute gegen Korrosion. Von A. SELIGMAN, London.

Die Verbrauchsrate an Metallen erhöht sich jedes Jahr um 60%, und zwar in dem Maß, in dem sich der Lebensstandard in allen Ländern der Welt erhöht. Damit erhöht sich aber auch die Menge des Metalls, das uns durch Korrosion, durch Umwandlung in pulverförmige Oxyde, verlorengeht.

Das Ausmaß dieser Verluste ist manchmal überwältigend. 40% der von Farmern benötigten Maschinenersatzteile sind durch Rostschäden zerstört worden. Die Kosten der Korrosion für die nationale britische Wirtschaft allein betragen jetzt über £600 Millionen im Jahr, und die Kosten der ganzen Welt müssen mehr als das Zehnfache betragen.

Das sind ins Auge springende Zahlen. Während des Krieges entschloß sich die Plus-Gas Company in London, ihre ganzen Mittel dazu zu widmen, billige, aber wirksame Methoden gegen Metallkorrosion zu entdecken. Es ist daher nicht erstaunlich, daß sie einige bemerkenswerte Erfolge hatte und noch immer die führende britische Gesellschaft auf diesem Spezialgebiet ist. Das Ergebnis ist die neue Lösung „E“, die auf einer Mischung von Gerbsäuren basiert, die die Korrosion auf Metalloberflächen vor dem Anstrich unterbindet. Aber diese Plus-Gas-Angelegenheit entwickelte sich langsam und logisch und begann anfangs mit dem dringlichsten Problem, das ist die Befreiung von schon korrodierten Teilen, um die Lebensdauer von bestehenden Maschinenanlagen mit erschwinglichen Kosten zu verlängern.

Die Lösung stellte der Rostentferner „A“ dar, der z. B. einen Mittelzapfen von 6 Fuß Länge, 6 Zoll mit 4 Zoll Durchmesser in einer Eisenbahndrehscheibe an der Küste, die 39 Jahre lang nicht bewegt und oft von Seewasser überschwemmt worden war, in kürzester Zeit entrostete.

Bei einer anderen Gelegenheit wurde ein 40 Jahre alter Außenbordmotor, der unter anderem acht Jahre unter Wasser und zweimal auf einem Schrotthaufen lag, entrostet und in wenigen Stunden wieder gebrauchsfähig gemacht. Die Anwendung der Lösung „A“ für die Befreiung von Schürfkettens ersparte neulich einer Bergwerksgesellschaft £6 000 in einem einzigen Jahr; die Ketten mit dieser Flüssigkeit von Rost zu befreien, war siebenmal billiger als die gröbere, althergebrachte Methode. Zwei Jahre lang brauchten die Ketten nicht erneuert zu werden.

Als nächstes wandte sich die Gesellschaft dem Problem des Schutzes von ungestrichenen Metallteilen zu, wie Maschinenanlagen während des Transportes oder Metallteilen, die zum Montieren bereit waren. Dafür entwickelte sie die Plus-Gas-Lösung „B“, eine Flüssigkeit mit Harz als Grundstoff, die während des Trocknens einen festen Schutzfilm von sehr hohem Zersetzungswiderstand bildet. Die Hauptwirkung des Mittels „B“ ist es, die Korrosion dadurch zu verhindern, daß die betroffenen Metallteile isoliert werden. Wenn die Korrosion z. B. aus der engen Verbindung von ungleich-

artigen Metallen in einer feuchten Atmosphäre, wie vielleicht bei gewissen Radarausrüstungen, resultiert, genügt die Anwendung der Lösung „B“ auf nur einen der beiden Teile, um den Vorgang der Korrosion zum Stillstand zu bringen.

Aber vielleicht ist die nützlichste Eigenschaft dieses Schutzfilmes seine Elastizität. Das ergibt, daß eine Ausdehnung des behandelten Metalls, auf Grund von Temperaturerhöhungen, den Film nicht bricht und das Metall nicht einer beschleunigten Korrosion ausgesetzt, die dadurch entsteht, daß kleine Stellen der Oberfläche in einer korrodierenden Umgebung freiliegen. In einem vor kurzem von einer der Hauptölgesellschaften durchgeführten Versuch war es diese besondere Eigenschaft des Mittels „B“, die es erlaubte, daß eine Sendung von hochdehnfesten Bolzen, die mit dieser Flüssigkeit überzogen waren, etliche Monate lang in einem Depot im Mittleren Osten lag, großen wechselnden Wetter- und Temperaturbedingungen ausgesetzt war und in bestem Zustand blieb.

Die Lösung „B“ bleibt unbeeinflusst von Temperaturen bis 100 °Fahrenheit und wird weich, aber nicht flüssig, zwischen 100 °F und 170 °F. Bei Antriebsketten z. B. und ähnlichem schützt die Lösung „B“ alle beweglichen Teile und wirkt auch als Trockenschmiermittel. Sie dringt in das Innere eines Drahtseiles ein und schützt es für eine lange Zeit gegen Korrosion. Sie ist von besonderem Wert für das Überziehen von Ersatzteilen und Maschinen während Lagerung oder Transport, und da sie in Öl löslich ist (jedoch ohne die Zusammensetzung des Öls zu verändern), braucht sie nicht von in Öl getauchten Teilen entfernt zu werden — mit Ausnahme von glatten Lagern — vor der Montage. Mit einer Gallone kann man ungefähr 1 100 Quadratfuß bedecken. Sie kann auf Metalloberflächen angewendet werden, die gestrichen werden sollen, vorausgesetzt, daß nachher ein auf Harz basierender Anstrich verwendet wird.

Als nächste kam die Lösung „E“. Diese bemerkenswerte Lösung verbindet sich mit den Oxyden auf schon korrodierten Metallen und bildet einen harten und unlöslichen gerbsäuresalzhaltigen Film, der wirksam weitere Korrosion unterbindet und der Verwitterung im Freien für mindestens zwei Wochen entgegentritt. Wenn die Oberfläche vollkommen bedeckt wird, gewährt sie Schutz für mehrere Monate. Diese Eigenschaft macht sie für den Gebrauch bei großen Stahlkonstruktionen oder Platten und Gittern vor der Montage, die nicht sofort gestrichen werden können, unschätzbar. Auch wenn sie gestrichen wären, würde die Korrosion wahrscheinlich unter der Schicht fortschreiten, so daß die Farbe schließlich Blasen bilden und abblättern würde. Die Gerbsäuren im Mittel „E“ verhindern das dadurch, daß sie die Metalloberfläche träge machen und ihr gleichzeitig eine glatte, brünierte Oberfläche geben, die sich ausgezeichnet mit allen üblichen Industriefarben bindet und die Ausgiebigkeit der Farbe vergrößert.

Die Lösung „E“ ist säure- und giftfrei. Daher ist sie leichter und sicherer zu gebrauchen, und ebenso ist sie auch billiger als Phosphat oder phosphorhaltige Säureverbindungen. Sie ist auch doppelt so widerstandsfähig gegen Verwitterung. Eine leichte Rostschicht auf der behandelten Oberfläche fördert die Bildung des gerbsäurehaltigen Schutzkomplexes, die gewöhnlich ungefähr 24 h zur Entstehung braucht. Das Mittel „E“ ist auch von großem Nutzen bei Schweiß- und Brennschneidarbeiten. Leicht korrodierende Platten können nach der Behandlung mit der Flüssigkeit widerstandsgeschweißt werden, während eine azetylsauerstoffhaltige Flamme den Gerbsäuresalzfilm wegbrennt, ohne irgendwelche Ascheablagerungen zu hinterlassen, die den Weg der Flamme behindern.

Die Lösung „E“ ist auch bei Untergrundkorrosion wirksam, z. B. bei eisernen Rohrleitungen oder Kabelrohren. Tatsächlich war es diese letzte Fähigkeit, die vor zehn Jahren die Aufmerksamkeit auf den Wert der Gerbsäuren für Metallschutz lenkte. Archäologen holten Metallgegenstände aus der Erde, die durch das Vorhandensein von

Gerbsäure in dem umgebenden Torfboden in bemerkenswerter Weise erhalten waren. Es kann tatsächlich gesagt werden, daß mit der Entwicklung dieser drei Produkte der Krieg gegen Metallkorrosion auf dem Wege ist, gewonnen zu werden.

Fernmeldewesen

DK 621.385.8 : 681.14-523.8

Lesendes Elektronengehirn. Von F. REICHEL, München.

Das erste Produktionsmodell eines lesenden Elektronengehirns (ERA), das Ziffern und Buchstaben von Einzelschriftstücken oder von Endlosblattrollen abliest und mit einer Geschwindigkeit von 300 Zeilen je Sekunde speichert, ist vor einiger Zeit in London der Presse vorgeführt worden. Dieses System bietet gewaltige Vorteile gegenüber der Lochkartentechnik. Nach den Angaben der Herstellerfirma ist es die einzige Maschine in der Welt, die Ziffern und Symbole von kontinuierlich vorrückenden Endlosblattrollen direkt ablesen und übertragen kann. Sie leistet dabei mit Hilfe von 4 000 Transistoren das 180fache der Leistung einer menschlichen Arbeitskraft.

Für eine solche Maschine gibt es natürlich viele Anwendungsmöglichkeiten auf allen Gebieten des Rechnungswesens, im Bank- und Postbetrieb und für statistische Zwecke.

DK 621.395 : 654.15 (73)

Die Fortschritte der Nachrichtentechnik in den USA. Von H. I. ROMNES, New York.

Die stürmische Entwicklung des Fernsprechwesens in den USA ersieht man aus folgender Aufstellung:

	1934	1959
Gesamtzahl d. Telephone in den USA:	17 Millionen	70 Millionen
davon Selbstwähler:	48 %	96 %
Gesamtzahl der Gespräche pro Jahr:	19 Milliarden	68 Milliarden
Ferngespräche:	415 Millionen	3 000 Millionen
Gesamtlänge der Fernverbindungen:	13 Millionen km	101 Millionen km
Teilnehmer mit direkter Fernwählung (System DDD):	—	25 Millionen
Tägliche Übersee-Gespräche:	63	5 000

Die Vervollkommnung der Tischgeräte hat einen sehr hohen Stand erreicht, sie werden in verschiedenen Farben, leicht im Gewicht und leicht tragbar hergestellt, besitzen Lautstärkeregelung der Klingel, leuchtende Wählscheiben, Druckknopfanschluß von Nebenstellen und automatische Antwort- und Registriervorrichtungen. Das „Speakerphone“, mit Mikrophon und Lautsprecher, läßt beide Hände frei und ermöglicht die Benützung während der Schreibarbeit. Der Markt bietet Spezialtelephone für Schwerhörige, für stark dem Lärm ausgesetzte Umgebung und für Räume mit Explosionsgefahr. Ein kleines Schlafzimmertelephon, das auf dem Nachtkästchen Platz hat, wird demnächst herausgebracht. Mit der Herstellung von Haustelexphonanlagen, mit leichter Verbindung von Zimmer zu Zimmer und mit dem Außennetz, sowie von druckknopfgesteuerten Anlagen für Büros, mit leichter, formschöner Apparatur, ist begonnen worden.

Neben dem Streben nach Erreichung des natürlichen Gesprächstons in Stärke und Lauttreue wurde die rationellere Ausnützung der Leitungsverbindung durch gleichzeitige Übertragung zunächst durch die Kabel-Trägerphonie erschlossen, von welcher heute eine Vielzahl von

Systemen besteht. Die Leistungsfähigkeit der Koaxialkabel für gleichzeitige Verbindungen in hoher Anzahl hat sich seit 1941 von einigen hundert auf 1800 Simultankreise pro Koaxialpaar erhöht. Die Koaxialkabel, die normal vier Paare enthalten, dienen auch teilweise der Fernsehübertragung.

Die nach dem zweiten Weltkrieg entwickelten Radio-relais mittels Mikrowellen bewirkten eine gewaltige Erweiterung des Fernsprech- und Fernsehnetzes der USA, mit Erschließung sonst schwer zugänglicher Gebiete bei gleichzeitiger Erhöhung der Verlässlichkeit durch die mögliche wahlweise Benützung verschiedener Übertragungswege. Die Trägerstromtechnik hat neuerdings durch die Schaffung billiger Endapparaturen für kurze Leitungslängen ein vor wenigen Jahren noch ungeahntes Ausmaß der Anwendung erreicht. Zur Erhöhung der Verlässlichkeit wird unter vielem anderem in besonderem Maß die Benützung der Radioverbindung und die Verkabelung herangezogen. Der Feuchtigkeitsschutz der Kabel durch trockenes Gas und selbsttätigen Warnvorrichtungen bei Bruch oder Undichtheit sowie selbsttätiger Umschaltung zwischen Koaxialkabeln und Radiorelais bei Störung eines Übertragungswegs gewährt hohe Betriebssicherheit.

1) Die Wähleinrichtungen

Die noch weitverbreiteten elektromagnetischen Schrittwähler sind durch Einführung einer Speicherfunktion und einer logischen Funktion zur Wahl der besten Verbindung vervollkommenet, wobei die gleiche Apparatur nach Herstellung einer Verbindung die Herstellung der nächsten übernimmt usw. Diese Systeme der gemeinsamen Schaltbedienung sind nunmehr derart vervollkommenet, daß sie die Selbstwahl durch den Teilnehmer auf weiteste Entfernungen, von Küste zu Küste, ohneweiters ermöglichen.

Von den zahlreichen, in den verschiedensten Anwendungen der Praxis als anpassungsfähig bewährten Systemen, in denen gemeinsame Schaltbedienung angewendet wird, sind die „Querarm“- („cross-bar“) systeme die verbreitetsten. In denselben werden einander zugeordnete Serien von Relaiskontakten als „Kreuzungspunkte“ zur Herstellung der Schaltverbindungen benützt. Diese Systeme finden sowohl für Ortszentralen und Gruppen derselben als auch in der Fernverbindung Anwendung.

2) Die direkte Fernselbstwahl (System DDD)

Dieses System, der „direct distance dialing Service“ (DDD), wurde erstmals 1951 in Englewood, New Jersey, in die Praxis eingeführt und ermöglicht dem Fernsprechteilnehmer den automatischen Selbstanruf jedes anderen Teilnehmers auf dem ganzen Gebiet der USA, auch auf die weitesten Entfernungen. Es erforderte neben einem gewaltigen Kostenaufwand für Forschung in großem Maßstab, die Zuteilung individueller Nummern für jedes Telefon in den USA, und endlich den Einsatz von automatischen Apparaturen höchster Speicherkapazität und höchster logischer Leistungen sowohl zur Herstellung der Verbindungen als auch zur automatischen Registrierung und Auswertung der Daten für die Gebührenverrechnung. Die begeisterte Aufnahme dieses Systems im Publikum erklärt seine rasche Ausbreitung und seine allgemeine Verbreitung; seine volle Automatisierung mit Ausschaltung jeder persönlichen Zwischenvermittlung und seine Erweiterung auf den direkten Anruf jeder beliebigen Nebenstelle in Privattelefonanlagen ist eingeleitet.

Das System arbeitet wie ein Super-Elektronenrechner, der aus Schaltanlagen vom Elektronenrechnerstyp zusammengesetzt ist, welche durch Stromkreise von Millionen Kilometer Gesamtlänge miteinander verbunden sind, und der nach einem Satz ganz allgemeiner Instruktionen selbsttätig seine eigene Programmierung besorgt. Der Informationsaustausch zwischen den Schaltzentren erfolgt in einer der

verschiedenen „Maschinensprachen“; die Eingangsinformation kann umgeformt, gekürzt oder ergänzt werden, das System trifft für jeden Anruf selbst seine Entscheidungen und wählt oft aus mehreren Ausführungsmöglichkeiten die beste. Viele Einrichtungen sind in hohem Grad selbstprüfend und registrieren automatisch ihre eigenen Störungen. Täglich 24 h ist der normale Betrieb, selbst während Änderungen oder Erweiterungen.

3) Die Ausweitungen in der Nutzung des Fernsprechnetzes

Neben der Gesprächsübermittlung werden die Leitungsverbindungen zu Übertragungen verschiedenster Art herangezogen, wie Fernschreiber, Bildübertragung, Faksimile-Übertragung, Daten für Elektronenrechner, Kontrollsignale usw. Weitere Übertragungskanäle des Fernsprechnetzes dienen zugleich der Rundfunk- und Fernsehübertragung. Das Fernsehen im geschlossenen Stromkreis wird häufig bei Sportereignissen und Geschäftskonferenzen herangezogen. Die Telefongesellschaften in den USA verfügen heute über ein Fernseh-Übertragungsnetz von insgesamt 133 000 km, auf dem Programme von mehr als 600 Sendern übertragen werden — eine Kapitalsanlage von etwa 235 Millionen Dollar.

Die Ausdehnung der Überseeverbindungen, sowohl der drahtlosen als auch der Überseekabel, ermöglicht heute den USA die Erreichung von 97% der in der ganzen Welt vorhandenen 125 Millionen Telephone. Die Zusammenschaltung der Verbindungen von See zum Lande mit der Radioübertragung versorgt heute über 30 000 Schiffe in den Küsten- und Binnengewässern mit Fernsprechverbindung. In gleicher Weise entwickelte sich seit 1940 die radiotelephonische Verbindung zu vielen tausend Privat- und Lastkraftwagen in allen größeren Städten und auf den Überlandstraßen.

Eine kürzlich eingeführte Neuerung ist der Radioanruf bei Abwesenheit: ein kleiner tragbarer Radioempfänger im Westentaschenformat verständigt bei Anruf den abwesenden Teilnehmer durch ein individuelles Signal, daß er am Fernsprecher gewünscht wird.

Eine weitere Neueinführung an bereits vielen Stellen ist die Ausdehnung des Lokalanrufs auf eine immer weitere Umgebung: in diesem erweiterten Sprechbereich werden — in den USA — Gespräche auf größere Entfernungen nicht mehr als Ferngespräche verrechnet, sondern sind als Ortsgespräche durch die monatliche Grundgebühr gedeckt. Der Ausbreitung dieses Systems auf das ganze Gebiet einzelner Staaten oder der ganzen USA stehen keine technischen Grenzen entgegen; mit den neuen Trägersystemen wird die Entfernung für die Berechnung der Kosten eines Gespräches von untergeordneter Bedeutung.

4) Die neuere Entwicklung

Dem gewaltigen Bedürfnis nach Vermehrung der Verbindungsmöglichkeiten bieten sich zwei Mittel für die Verwirklichung an: der Transistor und seine Artgenossen, mit denen Raum- und Energiebedarf sich radikal herabsetzen lassen, und die Informationstheorie, welche die Leistungsmöglichkeiten der Nachrichtensysteme mathematisch zu analysieren erlaubt. Auf diesem Gebiet findet die Ausmerzungen der überflüssigen Elemente in der Übertragung steigende Beachtung. Ein neues System ist hier die Impuls-Chiffremodulation (pulse code modulation, PCM), die für die Übertragung bei hohem Störpegel große Möglichkeiten bietet. Den einzelnen Gesprächen, die nacheinander für wenige Mikrosekunden überwacht werden, entnimmt man „Proben“, und nur die Reihe dieser „Proben“ geht über die Verbindung zum Empfangsende, wo sie zur ursprünglichen Botschaft rekonstruiert werden. Um diese Übertragung dem Störeinfluß zu entziehen, werden die „Proben“ in binäre Impulse verschlüsselt. Die Rekonstruktionsfähigkeit dieses Systems erschließt die Aussicht auf die gleichzeitige Über-

tragung von Hunderttausenden Gesprächen bzw. Hunderten von Fernsehbildern über Wellenleiter. Solche Systeme, die im Frequenzbereich 50 GHz arbeiten werden, stehen bereits am Anfang der Entwicklung. Auch in der Telephonie auf kurze Entfernungen, im Gebiet der Großstädte, wird das PCM-System für die voraussichtliche starke Entwicklung der Trägertelephonie in vielen Fällen die wirtschaftliche Neuausrüstung der bestehenden Leitungsnetze ermöglichen.

Die voraussichtlich notwendige Ausweitung der Überseeverbindungen weit über das jetzige Maß hinaus fordert die Erhöhung der Frequenzbandbreiten. Die 1956 eröffneten Kabelverbindungen nach Großbritannien und Alaska, das seither erstellte Kabel nach Hawaii und die demnächst entstehenden Verbindungen nach Puerto Rico und Frankreich bieten Bandbreiten von 144 kHz für 36 hochwertige Fernsprechkanaäle. Die Entwicklungsarbeiten für ein Kabel mit 1 MHz Bandbreite, für 100 Zweig-Verbindungen, stehen vor dem Abschluß. Bereits begonnene Vorarbeiten zu weiterer Erhöhung der Bandbreiten, mittels Kabel mit Transistorverstärkern, könnten die transozeanische Fernsehübertragung erschließen.

Ein neues System zur Erhöhung der Übertragungskapazität benützt die Schweigepausen in einer Gesprächsübertragung — z. B. Wartezeiten, Pausen zwischen einzelnen Worten und Wortgruppen — zur automatischen Einschubung einer zweiten Konversation in diese Schweigepausen, gleichzeitig mit der Zusammenlegung mehrerer Telefonkanäle. Die derzeitige Kapazität der Transozeankabel kann damit auf das Doppelte erhöht werden. Die Apparatur für dieses System der Zeitzuweisungs-Interpolation (Time Assignment Speech Interpolation, TASI) wird derzeit entwickelt.

5) Die elektronische Schaltung

Die raschen Fortschritte in der Elektronik erschließen die wesentliche Umgestaltung der bisherigen Schalttechnik in zwei Richtungen: die ultraschnelle Schaltung in Mikrosekunden, wobei ein einziges Gerät eine ganze Telefonzentrale gemeinsam versorgt, und die Auswertung der enormen Speicherfähigkeit und der logistischen Möglichkeiten elektronischer Systeme zu den verschiedensten Anwendungen, wie automatischer Anruf, Verbindung und Übermittlung. Hierher gehören: die automatische Herstellung häufig benützter Verbindungen oder einer Folge von Verbindungen mittels Einstellung einer einzigen Ziffer (bzw. höchstens zwei), der automatische Neuanruf einer beim ersten Anruf besetzten, nun freien Stelle, die automatische Herstellung eines Sammelrufs bei Einstellung eines Code-Zeichens, die automatische Übertragung eines Anrufs auf eine andere Stelle und die Übertragung gespeicherter Informationen auf einen Anruf hin.

Eine bedeutende Einsparung an Leitungen bedeutet die Zusammenfassung entfernt liegender Teilnehmerstellen in einem „Konzentrator“, mit nur einer Leitung für alle zur Zentrale. Auch die Anpassung der bestehenden älteren Einrichtungen an die neueren, gesteigerten Anforderungen, ihr Zusammenwirken mit den neuen Systemen, wird durch die Elektronik möglich. Die Entwicklungsarbeit ist hier bereits im Fluß. Ein besonderes, dauerndes Augenmerk beansprucht hierbei die Wirtschaftlichkeit dieser Entwicklung für heute und morgen.

6) Das unbegrenzte Feld der Zukunft

Die telephonische Verbindung mit jedem Transportmittel ist heute Tatsache. Die Fernsprechverbindung vom Flugzeug aus mit jeder Teilnehmerstelle in den USA ist derzeit versuchsweise auf den Fluglinien zwischen Detroit und Chicago eingerichtet; sie soll auf allen größeren Flugrouten der USA eingeführt werden. Die Ausweitung des DDD-Systems des direkten Fernanrufs auf das Fernsprechnetz der ganzen Welt ist ins Auge gefaßt.

Eine hoch wichtige künftige Funktion des Fernsprechnetzes ist die Informationsübertragung und der Informationsaustausch zwischen den elektronischen Rechen- und Datenverarbeitungsanlagen, in der zentralisierten Datenverarbeitung und Dispositionsausgabe im Transport- und Verrechnungswesen, der Verwaltung usw. Ein neues Gerät, das Dataphon, verschlüsselt die in Maschinensprache eingehende Information in die zur Fernübertragung geeignete Form, die dann am Empfangsende in gleicher Weise für die dortigen Elektronenrechner oder Büromaschinen entschlüsselt wird. Die Anwendungsmöglichkeiten dieser Datenübertragung erscheinen fast unbegrenzt, und der Umfang dieses Verkehrs kann eines Tags dem des Fernsprechverkehrs gleichkommen.

Mit dem Eindringen der Elektronik und der Auswertung der Feststoffzustände in die Kriegstechnik hat das Nachrichtenwesen mit der Notwendigkeit der Herstellung verlässlicher Verbindungen steigende Bedeutung gewonnen. Die Dezentralisation der Schaltanlagen in größeren Zentren, die Schaffung vielseitiger Verbindungsmöglichkeiten zur Umgehung bedrohter Zonen und die Sicherung des sofortigen Durchkommens von Prioritätsanrufen sind hier das Bestreben der Fernsprechtechnik.

Von den verschiedenen Warn- und Alarmsystemen ist hier das „SAGE“-System der Luftverteidigung zu nennen. Die auf den Radarschirmen an den Beobachtungspunkten aufgefangenen Daten werden an Direktionszentren geleitet, wo die Verarbeitung der Daten mittels Elektronenrechners die Kommandoentscheidungen unterstützt. Die Weisungen an die Abwehrstellen gehen wieder mittels Elektronenrechners hinaus. Der gewaltige Umfang des bestehenden Nachrichtennetzes hat den Aufbau dieses Systems entscheidend unterstützt.

Die immer weiter schreitende Entwicklung des Nachrichtenwesens und sein Eindringen in alle Gebiete des privaten und öffentlichen Lebens, mit immer neuen Vervollkommnungen, wozu in absehbarer Zeit auch die visuelle Fernsprechübertragung, der „Telephonbesuch“, treten wird, öffnet der Menschheit die Pforte eines neuen Zeitalters, dessen Name noch nicht gefunden ist, dessen Merkmal aber die immer engere Verbindung der Völker des Erdballs sein wird.

M. CYBULZ

(Electrical Engineering, Vol. 78 [1959], Nr. 5, S. 481... 492.)

Tagungen

DK 061.3 „1960“ : 389.6 (100) : 53.081 : 003.62

5. Tagung des ISO-Technischen Komitees 12 für „Größen, Einheiten, Symbole, Umrechnungsfaktoren und Umrechnungstabellen“ in Kopenhagen vom 28. Juni bis 2. Juli 1960. Von J. STULLA-GÖTZ, Wien.

An der 5. Tagung des ISO/TC 12 nahmen 43 Delegierte aus 20 verschiedenen Staaten teil; es waren ferner als Beobachter die Vertreter anderer ISO-Komitees und der folgenden internationalen Organisationen anwesend: ISO/TC 43 Akustik, ISO/TC 85 Kernphysik, Comité International des Poids et Mesures (CIPM), Internationale Union für reine und angewandte Physik (IUPAP), Internationale Union für reine und angewandte Chemie (IUPAC), Elektrotechnische Kommission (IEC), Kommission für radiologische Einheiten und Messungen (ICRU), Beleuchtungstechnische Kommission (CIE) und endlich die Internationale Organisation für das gesetzliche Maßwesen (OIML). Die große Zahl der Teilnehmer zeigt, daß die Arbeiten des Komitees, die für wissenschaftliche und industrielle Messungen in gleicher Weise von Bedeutung sind, immer weitere Kreise ansprechen. Professor JENSEN vom physikalischen Institut der Universität in Kopenhagen wurde auch diesmal wieder zum Vorsitzenden gewählt.

Dem Bericht des Sekretariats zufolge, das vom dänischen Normenausschuß geführt wird, ist der Stand der bisherigen Arbeiten der folgende:

Erschienen sind als ISO-Empfehlung:

R 31, erster Teil, betreffend fundamentale Größen und Einheiten des MKSA-Systems sowie Größen und Einheiten für Raum und Zeit (1956), ferner der zweite Teil, betreffend Größen und Einheiten für periodische und ähnliche Erscheinungen (1958). Im erstgenannten Teil war unter Punkt 1.1 in der Bemerkung eine Unterscheidung der Begriffe geometrischer und analytischer Winkel aufgenommen worden, wobei der geometrische Winkel eine Art Fundamentallänge, die zwischen 2 sich schneidenden Geraden eingeschlossene Fläche, bedeutet, während der analytische Winkel in der üblichen Auffassung das Verhältnis der Länge des Bogens zum Halbmesser ist. Der Fachnormenausschuß Technisches Berechnungswesen hatte bei Diskussion der ÖNorm A 6433 betreffend Maßsysteme (Länge, Fläche, Raum und Winkel) die erstgenannte Auffassung abgelehnt und unter Punkt 4 des Blattes den Winkel auch nur im analytischen Sinn definiert. Das Sekretariat hatte, wie sich gezeigt hat, bei der weiteren Bearbeitung Schwierigkeiten mit der konsequenten Durchführung der Zweiteilung der Winkelauffassung und hatte daher anlässlich der 5. Tagung den Antrag gestellt, die Formulierung des geometrischen Winkels in dem bereits herausgebrachten Normblatt zu streichen. Der Fachnormenausschuß hatte diesen Vorschlag begrüßt, eine schriftliche Abstimmung vor der Tagung hatte gezeigt, daß 16 Stimmen für die Streichung waren.

Die Normblätter über Mechanik, Wärme sowie mathematische Zeichen und Symbole, die bei früheren Tagungen abgeschlossen wurden, liegen gegenwärtig dem ISO-Rat zur Genehmigung vor, mit ihrem Erscheinen ist bald zu rechnen.

Die Normblätter über Elektrizität und Magnetismus waren schon bisher mit Zustimmung des technischen Komitees 24 der IEC bis zum 3. Vorschlag gediehen, als sie in den wichtigsten Punkten in Kopenhagen zur Diskussion gelangten.

Besonders wichtig war der Vorschlag der UdSSR, der auch im Sinne der Stellungnahme des Österreichischen Normenausschusses vom österreichischen Delegierten unterstützt wurde, in dem Blatt über Elektrizität und Mechanismus alle Einheiten zu streichen, die auf den 4 Basiseinheiten cm, g, s und Biot bzw. cm, g, s, und Franklin beruhen. Für diesen Antrag sprachen 6 Vertreter, während 10 der Ansicht waren, man sollte den Entwurf belassen; als Hauptgrund hierfür wurde angeführt, daß von der physikalischen Seite, also im wesentlichen von der IUPAP, ein vierdimensionales CGS-System gewünscht werde, und daß insbesondere die erforderlichen Umrechnungsfaktoren leichter festzulegen seien, schon im Hinblick auf die nicht rationalen Größen. Die IEC hatte zwar 1958 in Stockholm erklärt, jede weitere Diskussion über die Frage eines drei- oder vierdimensionalen CGS-Systems abzulehnen, sie hatte aber bezüglich der Rationalisierung der Größen 1959 in Madrid eine Entscheidung auch abgelehnt, da diese Frage international noch nicht geklärt werden könne. Auf Grund obiger Beschlüsse entschied man sich in Kopenhagen mit 13 Stimmen, 2 gegen und 3 Enthaltungen, durch das Sekretariat dem Dokument eine solche Form geben zu lassen, daß eine viel schärfere Trennung zwischen den SI-Einheiten und den anderen Einheiten aufscheint. Es wurde aber auch festgestellt, daß eine Norm auch zur Information dienen kann und daher im gewissen Sinn richtungsgebend sei; es braucht also eine Norm nicht nur unbedingt das enthalten, was bereits üblich ist.

Eine von den Vertretern der Niederlande und der ČSSR angeregte Diskussion über die elektrische Spannung und damit im Zusammenhang über das elektrische Potential und die Potentialdifferenz ergab Festlegungen, die denen des

Fachnormenausschusses „Technisches Berechnungswesen“ in der ÖNorm A 6445/1955 gleich sind; eine Aufspaltung in ein Quellen- und ein Wirbelfeld wurde freilich nicht gemacht.

Der Einwand des ÖNA, daß bei Punkt „Magnetisches Feld“ der Begriff „Totales Feld“ nicht definiert sei, wurde vorschlagsgemäß so geändert, daß es heißt: „Stromdichte einschließlich Verschiebungsstrom“. Es wurde in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, daß es in der Einleitung des Blattes über Elektrizität und Magnetismus ausdrücklich heißt, daß die in der Kolonne Definition angegebenen Erläuterungen keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben, sondern oft nur die betreffenden Größen identifizieren sollen. Auch wird durch eine Bemerkung auf den Anhang hingewiesen, wo der Sachverhalt durch eine Gleichung klar gestellt werden soll.

Der Vertreter der IEC schlug vor, das Zeichen der Einheit „Magnetische Flußdichte“ T für Tesla international verbindlich zu erklären. Da ein Beschluß des CIPM noch nicht vorlag, soll es in einer Bemerkung bloß heißen: Die IEC hat T als Zeichen für die Einheit Tesla angenommen.

Nach verschiedenen kleinen Änderungen und Ergänzungen war die Diskussion über die Einheit der Wirk-, Blind- und Scheinleistung von Bedeutung. Die seinerzeit vom Fachnormenausschuß in seiner 62. Sitzung (1949) gegebene Auffassung, daß Wirk-, Blind- und Scheinleistung Größen gleicher Art sind, deren Einheit das Watt ist, fand nicht ungeteilte Auffassung. Daß die Beziehungen $1 \text{ VA} = 1 \text{ W}$ und $1 \text{ var} = 1 \text{ W}$ zwar gelten, wurde einheitlich anerkannt; es wurde aber bei den Definitionen der Einheiten für die Schein- und für die Blindleistung formuliert: „Die MKSA-Einheit der Scheinleistung wird Voltampere genannt.“ „Die MKSA-Einheit der Blindleistung wird Var genannt.“ Damit wurde auch anerkannt, daß die 1949 vom Fachnormenausschuß „Technisches Berechnungswesen“ gegebene Erklärung, das Wort Var sei als Kunstwort mit dem Symbol „var“ zu schreiben, richtig gewesen ist. Bedauerlicherweise wurde später in die einschlägige österreichische elektrische Norm „VA“ als Einheitensymbol eingeführt, das nunmehr auf Grund der von der IEC und der ISO getroffenen Festlegung abgeändert werden muß.

Auf Grund der Diskussion wurde mit 15 Stimmen pro und 2 Stimmen kontra beschlossen, daß gemäß den Besprechungen ergänzte ISO-Blatt „Elektrizität und Magnetismus“ noch einmal den Staaten zur abschließenden Äußerung zugehen zu lassen, bevor es an den ISO-Rat zur endgültigen Genehmigung geleitet wird.

Das ISO-Blatt „Akustik“ war auf schriftlichem Weg vorbereitet und den nationalen Ausschüssen schon wiederholt zur Stellungnahme vorgelegt worden. Es war auch vom ISO/TC 43, das sich mit den akustischen meßtechnischen Problemen zu beschäftigen hat, angenommen worden. An den einschlägigen Sitzungen dieses Komitees hat seinerzeit Professor BRUCKMAYER vom TGM als österreichischer Vertreter teilgenommen. Eine neue österreichische Stellungnahme lag nicht mehr vor. Mit den Stimmen der 17 anwesenden P-Mitgliedsstaaten wurde das Dokument abschließend angenommen; es wird mithin demnächst als internationale Empfehlung herauskommen.

Zum Blatt „Chemie“ wurde zunächst festgestellt, daß der Titel zu weitgehend sei; er wurde abgeändert in: „Physikalische Chemie und Molekularphysik“. Zur Klarstellung wurde ferner das Sekretariat gebeten, schon in der Einleitung auszudrücken, daß die dezimalen Vielfachen und Teile der Einheiten außer den im Blatt selbst angegebenen anwendbar sind.

Bei diesem Anlaß wurde auch ein Vorschlag der deutschen Delegation diskutiert, daß die vielfach in den ISO-Blättern verwendete Ausdrucksweise: „Diese Größe ist eine reine Zahl“ nicht einwandfrei und befriedigend sei und durch den Satz: „Diese Größe ist dimensionslos“ ersetzt

werden sollte. Diese Auffassung, die bei früheren Anlässen auch von dem italienischen Vertreter vorgebracht worden war, entsprach vollinhaltlich der Ansicht des ÖNA, der in seinen bisher erschienenen Normblättern die gleiche Auffassung vertrat. Die Richtigkeit dieser Ansicht wurde mit 12 Stimmen pro, 1 kontra und 4 Enthaltungen vom Komitee bestätigt. Im Hinblick darauf, daß alle bisher erschienenen ISO-Blätter die erstgenannte Formulierung beinhalten, wurde es dem Sekretariat überlassen, diesbezügliche Entscheidungen zu treffen.

Der Vorschlag der niederländischen Delegation, im Sinne des MKSA-Systems das Kilomol als Grundeinheit für die Stoffmenge einzuführen und das Mol als sekundäre Einheit zu erklären, war Anlaß zu einer eingehenden Diskussion. Dieser Vorschlag wurde von einigen Delegationen, insbesondere von den Finnen sehr unterstützt; der Vertreter der IUPAC erklärte dagegen, daß die Chemiker, die mit dem MKSA-System noch nicht richtig vertraut seien, großen Wert darauf legen würden, das Mol in dem Dokument formell zu belassen. Auch der Vertreter der IUPAC legte darauf besonderen Wert. Es wurde die Meinung geäußert, daß man die Chemiker eher für das MKSA-System gewinnen würde, wenn man sie nicht durch Festlegungen, die ihnen fremd erscheinen müssen, ungünstig beeinflusst. Auch der Vertreter der USA unterstützte diese Auffassung. In Verfolg der SI-Einheiten scheint es nicht unbedingt erforderlich, das Kilomol als Grundeinheit festzulegen; das Sekretariat hat das in seinem Entwurf auch nicht getan. Eine Abstimmung ergab 12 Stimmen für Mol und 5 für Kilomol. Es wurde daher bei der bezüglich der Größe das Mol belassen und das Kilomol als Vielfaches des Mol als ebenfalls zulässige Größe besonders angeführt.

Zum Zeichen der Einheit Mol ergab eine informative Befragung der Delegierten, daß der Großteil das Zeichen „mol“ anstelle von „mole“ vorzieht. Das Sekretariat wird sich diesbezüglich noch mit IUPAC und IUPAP ins Einvernehmen setzen.

Interessant war die Diskussion über die Avogadro-Konstante (Quotient aus der Gesamtzahl der Moleküle durch Stoffmenge); sie wird bei uns Loschmidtsche Zahl genannt. Von den 3 vorgeschlagenen Zeichen L , N_0 und N_m sollte L vorerst gestrichen oder mindestens nur an letzter Stelle genannt werden. Das Zeichen N_m , das gerade wegen seines Bezuges auf die Stoffmengeneinheit besonders gefördert werden sollte, wurde abgelehnt. Nach der Diskussion ergab es sich aber, daß das L an erster Stelle verbleibt und an zweiter Stelle N_A (A mit dem Hinweis auf Avogadro) gesetzt wird. So bleibt denn eine Erinnerung an Loschmidt doch erhalten, obwohl seinerzeit im österreichischen Normblatt A 6401 mit Rücksicht auf die Empfehlungen der ISA das Zeichen N allein aufgenommen wurde.

Für Molmasse wird außer dem vorgeschlagenen M noch das Zeichen M_m aufgenommen. Der Index gibt auch hier den Bezug auf die Stoffmenge an.

Auf die Unterscheidung der chemischen und der physikalischen Atomgewichtsskala wurde verzichtet, da man die Beschlüsse der nächsten Konferenz der IUPAC bezüglich der Einführung einer auf ^{12}C basierenden Internationalen Atommassenskala abwarten will.

Die Vorschläge des Sekretariates bezüglich Größen und Einheiten auf dem Gebiet der Atom- und Kernphysik, der Kernreaktionen, der radioaktiven Strahlungen, der Reaktorteorie sowie der Radiobiologie wurden erstmalig einer Durchsicht unterzogen. Es konnten jedoch nur wenige Punkte, und zwar bezüglich Begriff „Nuklid“, „Nukleonenzahl“, „Ruhemasse eines Atoms“, „relative Atommasse“, „elektrische Elementarladung“ und „Massendefekt“ sowie die Einheit „Curie“ besprochen werden. Bezüglich „Nuklid“ beschloß man, sich der Ansicht der IUPAC anzuschließen, die 1948 ein Nuklid in Bezug auf eine Atomart definiert hat. Für die Atommasse (Ruhemasse eines Nuklids) wird außer

den international verbindlichen Einheiten kg und g auch die Einheit „uma“ (unité de masse atomique) sowie „amu“ (atomic mass unit), jedoch als international nicht verbindliches Zeichen aufgenommen; die Einheit ist definiert als $\frac{1}{16}$ der Masse des Sauerstoffnuklids ^{16}O ($= 1,659\,79 \times 10^{-27} \text{ kg}$). Eine Entscheidung wurde diesbezüglich nicht gefällt, da man auch hier die Entwicklung, betreffend den Übergang auf die neue Atommassenskala abwarten will. Für die Einheit der Aktivität Curie war im Vorschlag des Sekretariats das Zeichen „c“ vorgesehen, da dieses von der ICRU verwendet wird. Da ein Kleinbuchstabe für eine Einheit, die sich von einem Eigennamen herleitet, einem Beschluß der Generalkonferenz für Maß und Gewicht widerspricht, beschloß das ISO-Komitee, ein Zeichen für Curie gegenwärtig noch nicht festzulegen und das Internationale Komitee für Maß und Gewicht zu einer Entscheidung zu veranlassen.

Die oben erwähnten Normblätter sowie das Blatt über Chemie werden auf Grund des Diskussionsergebnisses und der von den einzelnen Normenausschüssen vorgelegten Stellungnahmen überarbeitet und neuerlich zur Stellungnahme vorgelegt werden. Zum Abschluß der Arbeiten des ISO/TC 12 ist nur mehr das Normblatt über „Licht“ erforderlich, das auf Grund des Vokabulars der Internationalen Beleuchtungstechnischen Kommission demnächst vom Sekretariat vorbereitet werden wird.

Diverses

DK 338.924 (470)

In der UdSSR wurden 800 große Industriewerke in Betrieb genommen. Von F. REICHEL, München.

Mit einer Zunahme der Industrieproduktion um zehn Prozent im Vergleich zu 1957 konnte die sowjetische Industrie den Jahresproduktionsplan für 1958, in dem ein Zuwachs von 7,6% vorgesehen war, bedeutend überbieten.

Im vergangenen Jahr wurden in der Sowjetunion 54,9 Mill. t Stahl (1957 = 51,2 Mill. t), 39,6 Mill. t Roheisen (1957 = 37,0 Mill. t) und 42,9 Mill. t Walzgut erzeugt. Die Kohlenförderung stieg um 7% auf 496 Mill. t und die Erdölgewinnung auf 113 Mill. t. Insgesamt wurden, ohne die Aufwendungen der Kolchosen, 235 Milliarden Rubel — das sind 11% mehr als 1957 — in der Volkswirtschaft investiert und mehr als 800 große Industriebetriebe ihrer Bestimmung übergeben.

Der Einzelhandelsumsatz stieg 1958 um 6% auf 667 Milliarden Rubel, insbesondere dank einem vergrößerten Angebot an qualitativ hochwertigen Nahrungsmitteln und industriellen Massenbedarfsgütern, wie Fernsehapparaten und Personenkraftwagen. Im vergangenen Jahr wurden in der UdSSR 356 Mill. Paar Lederschuhe (1957 = 315 Mill. Paar), 303 Mill. Meter Wollstoffe (1957 = 282 Mill. Meter), 845 Mill. Meter Seidenstoffe und 5,8 Milliarden Meter Baumwollgewebe hergestellt.

DK 669.871.3 (439.1)

Herstellung von Gallium in Ungarn. Von F. REICHEL, München.

Die ungarische Buntmetallindustrie hat 1959 mit der Herstellung von Gallium begonnen. Seit einigen Jahren war bekannt, daß das ungarische Bauxit Gallium enthält. Intensive Forschungsarbeiten bestätigten das. Der Wert dieses dem Quecksilber ähnlichen, silberweißen Metalls ist auf dem internationalen Markt mehrfach so hoch wie der des Goldes.

Die Ausscheidung von Gallium aus dem Bauxit stellte Wissenschaft und Technik vor schwierige Aufgaben. Die

Eigenschaften des neuen Metalls sind außerordentlich ähnlich denen des Aluminiums; deshalb ist es nicht leicht, beide voneinander zu trennen. 1958 gelang es, ein Trennverfahren auszuarbeiten, wodurch das Gallium in der Reihe der Fabrikation der Tonerden ohne Störung des Verarbeitungsganges ausgetrennt werden kann.

Nachrichten des Österreichischen Elektrotechnischen Komitees der IEC

DK 003.62 : 621.313 + 621.356

IEC-Publikation Nr. 117-2. Empfohlene graphische Symbole. Teil 2: Maschinen, Transformatoren, Primärbatterien und Akkumulatoren. 1. Ausgabe. 30 Seiten. Genf: Internationale Elektrotechnische Kommission. 1960. sfr. 6,—.

Die IEC-Publikation 117 „Empfohlene graphische Symbole“ ersetzt die früheren Publikationen 35 und 42, die die graphischen Symbole für die Stark- und Schwachstromtechnik behandeln. Die vollständige Publikation 117 wird die Symbole für alle Zweige der Elektrotechnik beinhalten; um jedoch die Veröffentlichung der bereits verfügbaren Abschnitte nicht zu verzögern, wird sie in Teilen veröffentlicht, sobald diese genehmigt sind.

Die Veröffentlichung 117-2 enthält 78 Symbole, die den zweiten, die Maschinen, Transformatoren, Primärbatterien und Akkumulatoren behandelnden Teil der Publikation 117 bilden.

Bestellungen sind an das Sekretariat des ÖEK im ÖVE, Wien I, Eschenbachgasse 9, zu richten.

DK 001.4 : 389.6 (100) : 543.13 : 669.1

IEC-Publikation Nr. 50 (50). Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch, Gruppe 50 „Elektrochemie und Elektrometallurgie“. 96 Seiten. Genf: Internationale Elektrotechnische Kommission. 1960. sfr. 12,—.

Als vierzehntes von insgesamt 24 Heften der 2. Auflage des IEC-Wörterbuches ist nunmehr die Gruppe 50 „Elektrochemie und Elektrometallurgie“ erschienen.

Das neue Heft bringt auf 96 Seiten 391 Begriffe in den folgenden 13 Unterabteilungen:

- 50-05 Grundbegriffe,
- 50-10 Allgemeines über Elemente und Batterien,
- 50-15 Primärelemente,
- 50-20 Akkumulatoren,
- 50-25 Elektrolytische Abscheidung,
- 50-30 Elektroplattierung,
- 50-35 Galvanoplastik,
- 50-40 Elektrolytische Raffination,
- 50-45 Elektrolytische Metallgewinnung,
- 50-50 Chlor-Alkali-Elektrolyse,
- 50-55 Elektrochemische Ventile,
- 50-60 Elektrolytkondensatoren,
- 50-65 Schmelzelektrolyse.

Die Begriffe sind systematisch geordnet und in englischer und französischer Sprache definiert. Neben den Benennun-

gen in den genannten beiden Sprachen sind in einer besonderen Spalte noch die Benennungen in Deutsch, Italienisch, Spanisch, Holländisch, Polnisch und Schwedisch wiedergegeben. Ferner kann jede Benennung alphabetisch in einem Index gesucht werden, der nach Sprachen getrennt ist.

Der Entwurf für die Gruppe 50 war vom Französischen Elektrotechnischen Komitee ausgearbeitet worden. Im September 1955 prüfte ein Ausschuss von Fachleuten sowohl diesen Entwurf als auch die von den nationalen Mitgliedskomitees der IEC vorgelegten Stellungnahmen. Ein aus dieser Prüfung hervorgegangener zweiter Entwurf wurde neuerlich zur Stellungnahme den Nationalkomitees der IEC zugeleitet. Das Ergebnis dieser Arbeiten sind die vorliegenden international abgestimmten Definitionen und Benennungen, denen der Fachmann und der Übersetzer wirklich vertrauen kann.

Von österreichischer Seite wirkten folgende Herren an den Arbeiten der Gruppe 50 mit: Dr. JANGG, Technische Hochschule Wien, Dr. CZEDIK-EYSENBERG, Unilever, Wien, Gesamtleitung Dr. CARL DOBESCH, Siemens & Halske, Wien.

Ihre Aufgabe war es, die Richtigkeit und Klarheit der Definitionen zu prüfen und in Zusammenarbeit mit den Nationalkomitees der IEC in Deutschland und in der Schweiz die deutschen Benennungen zu ermitteln. Deutschland war dabei durch Dipl.-Ing. KARL HEINZ RUPP, damals DEMAG Elektrometallurgie GmbH, Duisburg, vertreten, die Schweiz durch Dr. J. BOHNENBLUST, Brown, Boveri & Cie., Baden.

Die Gesamtschriftleitung für den deutschen Teil lag wie immer in den Händen von Doz. Dr. E. WÜSTER und Dr. F. LANG.

Als Anmerkung sei noch darauf hingewiesen, daß für die Gruppen 05, 07, 08, 10, 11 und 12 eine polnische Nationalausgabe in 2 Heften erschienen ist. Diese Nationalausgabe zeigt im wesentlichen dieselbe Gestaltung wie die internationale Ausgabe, mit dem Unterschied, daß die Begriffe nur in polnischer Sprache definiert sind. Ebenso stehen die polnischen Benennungen an der Spitze jeder Wortstelle. Das Erscheinen der polnischen Nationalausgaben wird fortgesetzt.

Ferner sei noch angekündigt, daß für die Gruppen 20 „Elektrisches Messen“ und 08 „Elektroakustik“ die Arbeiten an der 3. Auflage in Angriff genommen worden sind. Österreichische Fachleute, die sich bei Benützung der 2. Auflage Verbesserungen oder Ergänzungen vorgemerkt haben, werden gebeten, ihre Anregungen an den Gesamtschriftleiter für Österreich, Doz. Dr. E. Wüster, Wieselburg a. d. Erlauf, NÖ, zu senden.

Bestellungen sind an das Sekretariat des ÖEK im ÖVE, Wien I, Eschenbachgasse 9, zu richten.

Buchbesprechungen

DK 538.565 : 534 (048.1)

Schaltischemata und Differentialgleichungen elektrischer und mechanischer Schwingungsgebilde. Von H. HECHT. 4., neubearb. Auflage. 176 Seiten mit 36 Abb. Leipzig: 7. Ambrosius Barth. 1959. Geb. DM 17,50.

Das 1940 erstmalig erschienene Werk, das aus einer jahrzehntelangen praktischen und theoretischen Beschäftigung

des Verfassers mit elektroakustischen Wandlern entstanden ist, befaßt sich mit elektrischen und mechanischen Schwingungsgebilden und den zwischen diesen bestehenden Analogien. Bekanntlich beruhen diese auf der formellen Übereinstimmung der Differentialgleichungen elektrischer und mechanischer Schwingungssysteme. Ihre Anwendung kann in manchen Fällen sehr nützlich sein, z. B. bei der Untersuchung elektromechanischer Wandler, da sie es gestatten,

die Elemente des mechanischen Schwingungskreises (Masse, Federung, Reibung) in gleicher Weise als Reaktanzen bzw. Widerstände zu behandeln wie die des elektrischen Kreises. Ferner bieten sie die Möglichkeit, rein mechanische Probleme der Lösung durch die bequeme elektrische Versuchstechnik zugänglich zu machen.

Der Verfasser behandelt zuerst die Elemente elektrischer und mechanischer Schwingungsgebilde sowie ihre Additionsgesetze und geht dann auf einfache und gekoppelte Schwingungskreise über. Das folgende Kapitel ist Beispielen gekoppelter mechanischer Schwingungskreise aus der Praxis gewidmet, dem ein Kapitel über die Kopplung von mehr als zwei Schwingungsgebilden und ein Kapitel über mehrfach gekoppelte Schwingungsgebilde folgt.

Abschließend diskutiert der Verfasser die Zweckmäßigkeit der gewählten Symbole mechanischer Kreiselemente und Definitionen und den Analogismus Elektrizität-Mechanik. Hier, wie am Anfang des Werkes warnt der Verfasser vor einer Überschätzung der Analogiebetrachtungen und ihrer einseitigen Anwendung, die oft in die Irre führt.

Der Stoff ist straff gegliedert, die Darstellung klar und überzeugend. Zu bemängeln bleibt die Verwendung von Frakturbuchstaben für die Beträge vektorieller Feldgrößen.

K. SCHUSTER

DK 621.316.57 (048.1)

Schütze und Schützensteuerungen. Von H. FRANKEN. Mit 382 S., 241 Abb. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer-Verlag. 1959. Geb. DM 42,—.

Wenn sich ein Autor die Aufgabe stellt, ein Spezialgebiet der Technik umfassend darzustellen, dann ist die Voraussetzung zum Gelingen dieses Vorhabens eine langjährige Erfahrung durch eigene Arbeit in Forschung und Entwicklung, und, wenn möglich, auch in der industriellen Fertigung der einschlägigen Gebiete. Alle diese Voraussetzungen trafen bei dem bekannten Autor zu, der sich schon seit Jahrzehnten mit Fragen der Niederspannungsschaltgeräte im allgemeinen und der Schütze und Schützensteuerungen im besonderen beschäftigt hat, und, wie das reichhaltige und richtig ausgewählte Literaturverzeichnis am Ende des Werkes bei seinem Namen zeigt, in allen diesen Jahren eine bemerkenswerte publizistische Tätigkeit entfaltet hat.

So füllt denn auch das vorliegende Werk eine Lücke in der deutschen Literatur über Niederspannungsgeräte und behandelt in interessanter und umfassender Art viele Fragen, die beim Bau, der Prüfung und der Anwendung von Schützen entstehen können.

Bewußt hat der Verfasser die großen Gebiete der Regeltechnik mit neuen Mitteln, also Transduktoren, Transistoren, Thyatron usw. weggelassen, da sich diese Gebiete einerseits noch zu sehr in Entwicklung befinden, andererseits aber weit über den Rahmen der gestellten Aufgabe hinausgegangen wären.

Das Buch behandelt zunächst die grundlegenden Fragen bei Niederspannungsschaltgeräten, also das Kontaktsystem und die Kräfteverhältnisse. Ein Überblick über den Aufbau der Schütze enthält alle Abschnitte, die für die Beurteilung dieser Art von Niederspannungsschaltgeräten notwendig sind, also das Zusammenwirken von Kraftsystem und Kontaktsystem, Montagefragen und das heikle Thema der Korrosionsbeanspruchungen.

Ein weiteres Kapitel behandelt dann die Sonderschütze, die Hilfseinrichtungen und Zusatzgeräte. Bei einer Neuauflage des Werkes wäre zu empfehlen, hier auch die immer mehr in Verwendung kommenden Fehlerstromrelais zu besprechen, da diese Geräte zusammen mit Schützen bis zu höchsten Nennstromstärken zum Zwecke des Berührungsspannungs- und Brandschutzes eingesetzt werden.

Der Abschnitt über das Verhalten der Schütze ist recht ausführlich gehalten. Es werden die Anzugs- und Abfallspannung, Strom- und Zeitgrößen, die Geräuschfrage usw. besprochen. Vor dem Teil des Buches, der die Steuerungen behandelt, werden noch die Befehlsgeräte, die Meldegeräte und die Steuerzwichengeräte dargestellt.

Der letzte Teil des Buches ist den Fragen der Gehäuse-schutzart, der Lebensdauer und der zweckdienlichen Auswahl der Geräte gewidmet und wird durch eine sehr weitgehende Behandlung der Probleme, die bei den Typen und Stückprüfungen auftreten, abgerundet.

Ein sorgfältiges Sachwörterverzeichnis erleichtert dem Praktiker das Auffinden einzelner Gebiete, und zwei Beispiele von Steuerungen zeigen die Anwendung in der Praxis. Das Buch ist sicher nicht nur für Studierende von großem Wert, sondern auch der erfahrene Fachmann wird darin manche wertvolle Anregung finden.

G. BIEGELMEIER

Berichtigung

DK 612.825 : 621.316.933.8

Vom Schutzwert eines Vorschaltwiderstandes. Von F. MARESCHE und F. SCHAFFER. E und M, 78. Jg. (1961), H. 5, S. 218 bis 221.

Die Unterschrift zu Abb. 4 auf S. 220 soll richtig lauten: Abb. 4. Schaltschema des selbstverfertigten Elektrisierapparates.

Die Unterschrift zu Abb. 5 auf S. 220 soll lauten: Abb. 5. Augenspiegel mit vorgeschaltetem Regulierwiderstand.

Eingelangte Bücher und Schriften

Kybernetik. Band I, Heft 1, Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer-Verlag. DM 12,80.

Der Wissenschaftszweig Kybernetik hat nun in einer gleichbenannten Zeitschrift seine Pflege gefunden. Als Mitarbeiter sind weltberühmte Kybernetiker gewonnen worden. Diese Zeitschrift hat es sich zur Aufgabe gestellt, die Informations- und Systemtheorie, Steuerungs- und Regelungstheorie sowie die wissenschaftlichen Grundlagen und grundsätzlichen Verfahren der Nachrichtenverarbeitung zu bringen. Auch experimentelle Ergebnisse der Rezeptor- und Nervenphysiologie in bezug auf Nachrichtenverarbeitung und -übermittlung sollen behandelt werden.

Dem neuen, sehr spezialisierten Organ wird zu seinem Erscheinen alles Gute gewünscht.

Forschungsbericht des Landes Nordrhein-Westfalen Nr. 913.

Verbesserung der Benutzungsdauer in ländlichen Ortsnetzen. Von P. DENZEL, R. LAUFEN und W. HEILMANN. 68 Seiten, 25 Abb. und 18 Tab. Köln und Opladen: Westdeutscher Verlag. 1960. Kart. DM 20,50.

Die vorliegende Broschüre berichtet über Untersuchungen von Maßnahmen, die dazu geeignet sind, die ländliche Energieversorgung wirtschaftlicher zu gestalten.

Das Heft stellt eine wertvolle Arbeitsunterlage, die Anhaltspunkte und Richtlinien für eine wirtschaftliche Elektrizitätsversorgung ländlicher Gebiete liefert, für alle Elektrizitätswerke dar.

Struktur und Entwicklung des Weltenergieverbrauchs. 64 Seiten, 10 Abb. und 19 Tab. Herausgegeben von der Shell Austria Aktiengesellschaft.

Mitteilungen

Ernennungen und Ehrungen

Minister Dipl.-Ing. WALDBRUNNER überreichte am 24. März 1961, dem langjährigen Präsidenten unseres Verbandes, Herrn Min.-Rat Dipl.-Ing. Dr. techn. ALEXANDER KOCI, das diesem vom Bundespräsidenten verliehene Große goldene Ehrenzeichen für Verdienste um die Republik Österreich. Wir möchten Herrn Min.-Rat Dr. Koci, der das Geschick unseres Verbandes 10 Jahre hindurch zum Besten des Verbandes, seiner Mitglieder und nicht zuletzt auch seiner Angestellten neben seiner hauptberuflichen Tätigkeit als Leiter des Elektrodienstes der Österreichischen Bundesbahnen auf das vortrefflichste gelenkt hat, herzlich zu dieser wohlverdienten Ehrung beglückwünschen.

Veranstaltungsprogramm des Deutschen Atomforums

Am 21. April erörtern Konsul Dr. RÖMER (Atomberater der Deutschen Bank) den „Aktuellen Stand der internationalen Reaktorbauentwicklung“ und Dr. Dr. W. KOECK (Deutsches Atomforum) „Struktur und Dynamik der deutschen Atomwirtschaft“. Die Veranstaltung beginnt um 16 Uhr im Haus der Industrie- und Handelskammer Flensburg.

Am 26. und 27. April wird in Stuttgart eine „Fachtagung über Reaktortheorie“ durchgeführt. Sie schließt sich der 1. Technisch-wissenschaftlichen Tagung an, die im Oktober 1960 in Karlsruhe stattfand. Die Vorträge und Diskussionen halten sich im Rahmen folgender Themen:

Probleme der Reaktordynamik; Theorie des heterogenen Reaktors sowie Rechenverfahren und numerische Methoden; Neutronentransporttheorie; Neutronenspektren und Gruppenkonstanten.

Für den 27. April ist in Hildesheim eine Veranstaltung für die Bevölkerung vorgesehen, auf der Prof. Dr. WERNER KLIEFOTH zunächst eine kurze Einführung in die Welt des Atoms gibt und anschließend Dipl.-Phys. BOHRISCH von der Landesregierung Schleswig-Holstein Fragen des „Schutzes der Bevölkerung durch die Behörden“ behandelt. Beginn 17 Uhr im Roemer-Pelizaeus-Museum. Ab 14 Uhr steht ein Strahlenmeßwagen zur Besichtigung und zum probeweisen Einsatz bereit.

Die für den Mai angekündigte Informationstagung „Probleme des Anlagenehmigungsverfahrens“, auf der in Geesthacht Vertreter des Bundesministeriums für Atomkernenergie und Wasserwirtschaft, der Landesregierung Schleswig-Holstein, der Industrie und Wirtschaft zusammenkommen sollten, wird auf Ende Juni verschoben.

Am 16. Mai findet in Zusammenarbeit mit der Industrie- und Handelskammer in Saarbrücken eine Informationstagung „Atome als Wirtschaftsfaktor“ statt. Auf der Tagung sprechen Ministerialrat Dr. JOSEF BRANDL (Bundesatomministerium) über „Das Deutsche Atomprogramm“ und Dr. Dr. WOLFGANG KOECK (Deutsches Atomforum) über „Struktur und Dynamik der deutschen Atomwirtschaft“.

Für den Juni ist gemeinsam mit der Industrie- und Handelskammer Braunschweig eine Tagung vorgesehen, die über den neuesten Stand der deutschen Kernreaktorplanungen und den internationalen Stand des Reaktorbaues und der Reaktorplanung unterrichten soll.

Tagung der VDE/VDI-Fachgruppe Elektrisches und Wärmetechnisches Messen

Die VDE/VDI-Fachgruppe Elektrisches und Wärmetechnisches Messen hat im vorigen Jahr in Krefeld und Mannheim mit großem Erfolg eine Tagung über „Halbleiter-Bauelemente in der Meßtechnik“ abgehalten. Diese Vortragsreihe soll jetzt fortgesetzt werden mit einer Lehrtagung

„Messen von Zustandsgrößen und Stoffeigenschaften im Betrieb — neuere Methoden und Geräte“,

die am 18. und 19. Mai 1961 in den Zoogaststätten Lindenhof in Münster/Westf. stattfindet.

Die Automatisierung in den Verfahrensindustrien und die selbsttätige Steuerung und Regelung von Herstellungsprozessen kann nur durchgeführt werden, wenn moderne Mittel zur Erfassung der Zustandsgrößen und der Stoffeigenschaften zur Verfügung stehen. Die Fortschritte auf diesem Gebiet hängen also entscheidend davon ab, daß neben den bisher bewährten Meßverfahren neuere Methoden eingeführt und die dafür durchgebildeten Geräte genügend bekannt gemacht werden. Diesem Zweck soll die vorgesehene Tagung dienen.

Es werden drei Themengruppen behandelt werden:

- I. Meßtechnische Erfassung der wichtigsten Zustandsgrößen,
- II. Meßtechnische Erfassung von Stoffeigenschaften,
- III. Übertragung der Meßwerte und Auswertung.

Am 1. Tag soll die Methodik des Messens von Zustandsgrößen der Stoffeigenschaften behandelt werden, während der 2. Tag der Übertragung und Darstellung der Meßwerte gewidmet sein soll.

Bei allen Vorträgen werden die theoretischen und physikalischen Grundlagen nur in dem für das Verständnis erforderlichen Umfang gebracht. Hauptsächlich wird der gegenwärtige Stand der Technik dargelegt und die derzeitigen Entwicklungsrichtungen aufgezeigt.

Anfragen und Anmeldungen mögen an die VDE/VDI-Fachgruppe Elektrisches und Wärmetechnisches Messen, Düsseldorf, Prinz-Eugen-Str. 77/79, gerichtet werden.

Außerordentliche Generalversammlung des ÖVE

Um geringfügige Statutenänderungen vornehmen zu können, findet am Mittwoch, dem 26. April 1961, um 17.15 s. t., eine außerordentliche Generalversammlung mit folgender Tagesordnung statt:

- 1) Begrüßung,
- 2) Abstimmung über neue Satzungsänderungen,
- 3) Allfälliges.

Die Mitglieder werden gebeten, pünktlich um 17.15 Uhr s. t. zu erscheinen.

Vorträge im ÖVE

26. April 1961: Vortrag des Herrn Dipl.-Ing. RUDOLF ZAHORKA (AEG Fabrik Stuttgart) über: „Besonderheiten des kapazitiven Spannungswandlers“. Zeit: 18.00 Uhr c. t. — Ort: Wien I, Eschenbachgasse 9, II. Stock, Großer Saal.

Donnerstag, 27. April 1961: Vortrag des Herrn Dipl.-Ing. Dr. techn. GUNTHER SWOBODA (Siemens & Halske Ges. m. b. H., Wiener Schwachstromwerke) über: „Fernwirktechnik in der modernen Großraumwirtschaft“. Zeit: 18.00 Uhr c. t. — Ort: Wien I, Eschenbachgasse 9, II. Stock, Großer Saal.

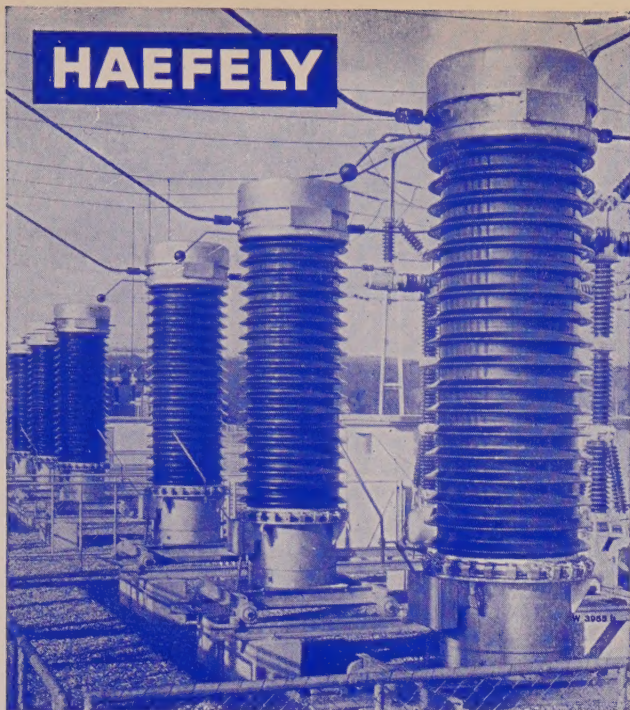
3. Mai 1961: Vortrag des Herrn Dr. PAUL BALTENSPERGER (AG Brown Boveri & Cie, Baden/Schweiz) über: „Schaltvorgänge in Hochspannungsnetzen und Schalterprüfung“. Zeit: 18.00 Uhr c. t. — Ort: Wien I, Eschenbachgasse 9, II. Stock, Großer Saal.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dipl.-Ing. Dr. Václav Husa, Pečhy 615, CSSR, und Dipl.-Ing. Jaroslav Cihelka, Prag 16, Braunova 7, CSSR.

Ing. K. Oberretl, Zürich-Oerlikon, Schwamendingenstrasse 42, Schweiz.

HAEFELY



MESSWANDLER UND MESSGRUPPEN BIS 380 kV
KLASSEN 0,2-0,5-1-3

EMIL HAEFELY & CIE AG BASEL

GENERALVERTRETUNG FÜR ÖSTERREICH:
ING. KARL WRBA, WIEN III/40

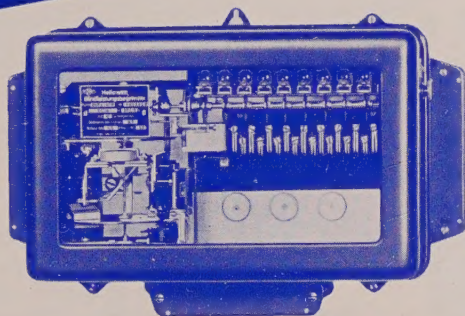
WEYRGASSE 6

TELEFON 72 43 83

*Zur Verbesserung
des Leistungsfaktors*

HELIOWATT

Blindleistungsbegrenzer



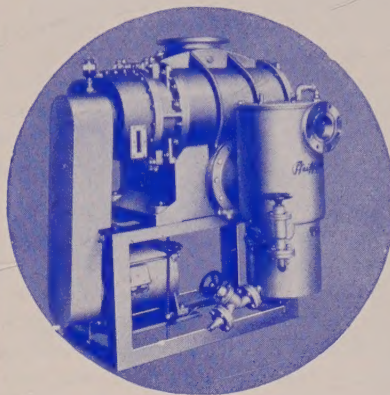
HELIOWATT WERKE ELEKTRIZITÄTS-AG
Berlin-Charlottenburg

VERTRETUNG FÜR: Wien, Niederöst., Burgenland, Steiermark, Kärnten
ING. ALEXANDER FRAUENDORFER · WIEN I, BORSEGASSE 18

VERTRETUNG FÜR: Oberösterreich, Salzburg, Tirol, Vorarlberg
DIPL.-ING. HERBERT HOFMANN · LINZ/DONAU, STOCKBAUERNSTR. 17

Pfeiffer

HOCHVAKUUMTECHNIK

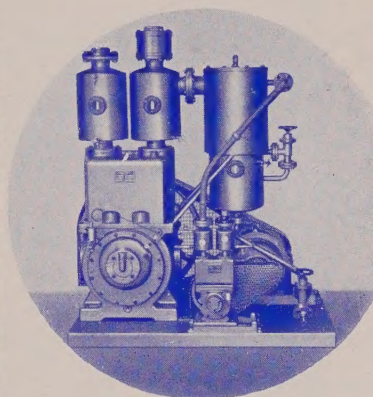
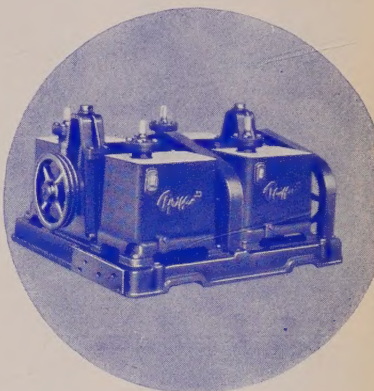


Millitorr-Pumpen

(Roots-Prinzip)
mit rotierender
Pumpe
als Vorpumpe
sind Pumpsätze
höchster Saugleistung -
bis 10000 m³/h
bei 10⁻¹ Torr

Mehrfachpumpe 3006/4

ist die Kombination
von 4 Röntgenpumpen
von je 5 m³/h Leistung mit
gemeinsamem Antrieb
für Pumpautomaten



Pumpenkombinationen

aus rotierenden Dreh-
schieberpumpen mit
Kondensator und
Überdruckventil zum
Absaugen von Gasen
und Dämpfen.
Saugleistung
bis 300 m³/h,
Endvakuum 5 · 10⁻⁴ Torr.

Dieses sind nur einige Beispiele aus unserem Liefer-
programm der Hochvakuumtechnik, zu dem auch ein-
stufige rotierende Pumpen, Diffusionspumpen, Meßgeräte,
Ventile und vollständige Anlagen gehören.

ARTHUR PFEIFFER GMBH · WETZLAR

Generalvertretung für Österreich:

Ludwig Seibold

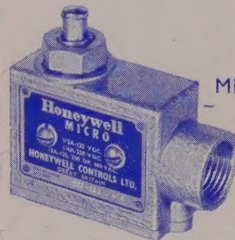
Wien I, Wipplingerstraße 24

Telefon 63 47 78

Gekapselte Basis-Schalter

Gekapselte Basis-Schalter in verschiedensten Formen, Ausführungen, Betätigungsarten als einpolige oder zweipolige Umschalter oder 2-Stromkreis-Trennschalter mit großer Lebensdauer, unbedingter Zuverlässigkeit und höchster Schaltgenauigkeit auch bei schleichender Betätigung in Millionen von Schaltungen sind die hervorragenden Eigenschaften des Original MICRO SWITCH.

Menschliches Versagen kann Millionenwerte innerhalb von Sekunden zerstören. Daher tritt heute die automatische Steuerung und Regelung an die Stelle von Handbedienung. Eines der wichtigsten Hilfsmittel der Automation ist ein präziser Schalter. Der Honeywell MICRO SWITCH Präzisionsschnappschalter, der in über 10.000 verschiedenen Typen zur Verfügung steht, kann sicherlich auch Ihre Schaltprobleme lösen.



Type BZE-2RQ
15 A, 460 V~
Mit großem Nachlauf



(ca. $\frac{1}{3}$ natürlicher Größe)

Erfahrene Fachleute beraten Sie gerne gratis und unverbindlich. Bitte verlangen Sie Unterlagen. — Wir sind so nahe wie Ihr Telefon.

Honeywell

Gesellschaft m. b. H.

Wien IV, Favoritenstraße 42, Tel. 65 36 48
Innsbruck, Salurner Str. 18, Tel. 05222-6969



FELTEN & GUILLEUME

FABRIK ELEKTRISCHER KABEL, STAHL-
UND KUPFERWERKE AKTIEN-GESELLSCHAFT

WIEN, BRUCK/MUR, DIEMLACH

Fernmeldekabel aller Art
Coaxialkabel
Hochspannungskabel für jede Spannung
Imprägnierte Papierbleikabel
Ölkabel bis 220 kV
Gummi- und Kunststoffkabel
Leitungs-, Wickel- und Schaltdrähte jeder
Isolationsart
Emaillierte Drähte

Kupfer- und Aluminiumdrähte
Freileitungsseile
Drahtseil-Sonderausführungen
Eisen- und Stahldrähte
Drahtstiften
Spannbetondrähte
Baustahlgitter
bi-Stahl